Péclet's
weil. General-Inspectors an der Universität, Professors der angewandten Physik an der Centralschule ꝛc. zu Paris

vollständiges Handbuch

über die

Wärme und ihre Anwendung

in den

Künsten und Gewerben.

Für

Physiker, Berg-, Hütten-, Fabriken- und Bau-Ingenieure, Mechaniker, Fabrikanten, Landwirthe etc.

Nach der

dritten, gänzlich umgearbeiteten Auflage

deutsch bearbeitet

von

Dr. Carl Hartmann,
Berg- und Hütteningenieur.

Dritter und letzter Band.

Mit den Figuren 512 bis 601 auf den lithographirten Tafeln XXVIII bis XXXVI.

Hamburg, Druck und Verlag von G. Pätz.

Leipzig, Wolfgang Gerhard.
1862.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichniss.

Vierzehntes Buch.

Von der Abkühlung.

Seite

Erstes Capitel.

Allgemeine Betrachtungen über die Abkühlung der Luft 1

Zweites Capitel.

Vorrichtungen, um die Abkühlung der Luft aufzuhalten 2

Drittes Capitel.

Vorrichtungen zur Beschleunigung der Abkühlung der Körper 3

Viertes Capitel.

Erkaltung der Körper unter die umgebende Temperatur. — Erzeugung und Aufbewahrung des Eises 6

Eiskeller oder Eisgruben 14

Fünfzehntes Buch.

Die Erwärmung und Lüftung der Wohnungen.

Erstes Capitel.

Allgemeine Luftmengen 18

Luftvolumina, die zum Athmen und für die Beleuchtungsapparate erforderlich sind 18

Die von der Respiration erzeugte Wärme 25

Die natürliche Ventilirung 26

Ventilirung durch Wärme 27

Digitized by Google

Seite

Essen, welche Luft von der äußern Temperatur anfangen 29
Essen, welche Luft von constanter, aber gegen die äußere verschiedener Temperatur anfangen 40
Die verschiedenen Heizungsarten der Sangessen 46
Mechanische Ventilirung 49
Bemerkungen über die Bewegung der Luft an den ventilirten Orten . 51
Allgemeine Bemerkungen über die verschiedenen Arten der Heizung . 53

Zweites Capitel.

Heizung und Lüftung der Privatwohnungen. Heizung durch den Boden . . 62
Directe Heizung durch die Verbrennung 63
Heizung der Zimmerluft durch die Strahlung des in offenen Räumen, sogenannten Kaminen, verbrannten Brennmaterials 64
Die Zimmerheizung durch Oefen 74
Kaminöfen 81
Untersuchung der verschiedenen Arten der angeordneten Heizungen . 81
Die in den verschiedenen Fällen zweckmäßigsten Arten der Heizung und Ventilirung 87

Drittes Capitel.

Heizung und Ventilirung großer Gesellschaftssäle, Paläste, Amphitheater, Theater u. s. w. 93
Die Börse zu Paris 93
Das alte Unterhaus zu London 94
Der Palast des Luxemburg 95
Die alte Deputirtenkammer zu Paris 98
Der Palast auf dem Quai d'Orsay 99
Großes Amphitheater des Conservatoriums der Künste und Gewerbe 100
Sitzungssaal des Instituts 106
Der Justizpalast zu Paris 107
Der Palast der Cortes zu Madrid 107
Theater 107
Allgemeine Betrachtungen über die Heizung größerer Gesellschaftssäle, der Paläste, großer Amphitheater, Theater u. s. w. 109

Viertes Capitel.

Die Heizung und Lüftung der Kirchen 117
Die Magdalenenkirche zu Paris 117
Die Kirche St. Roche zu Paris 118
Die Kirche St. Vincent de Paul 126
Die Kirche St. Sulpice 127
Allgemeine Bemerkungen über die Heizung der Kirchen 129

Fünftes Capitel.

Heizung und Ventilirung der Gefängnisse 132
Das Gefängniß Mazas 132
Auszug aus dem Bericht der Commission über die Untersuchung der Entwürfe 132

Digitized by Google

Seite

Beschreibung des von Herrn Duvoir-Leblanc vorgeschlagenen Heiz- und Ventilirungssystems 133
Versuche der zweiten Abtheilung der Commission 140
Das Zellengefängniß zu Prouvens 150
Das Zellengefängniß zu Tours 153
Mittheilungen über einige andere Gefängnisse 157
Allgemeine Bemerkungen über die Heizung und Ventilirung der Gefängnisse 159

Sechstes Capitel.

Von der Heizung und Ventilirung der Spitäler und Krankenhäuser . . . 163
Das Spital zu Charenton 164
Das Hospital Beaujon 165
Das Necker-Hospital 165
Das Hospital Lariboisière 165
Die Apparate von Duvoir-Leblanc 167
Die Apparate der Herren Thomas und Laurens 176
Das Hospital von Beaujon mit den Apparaten des Herrn van Hecke 189
Erlangte Resultate 194
Bemerkungen über die Heizung und Ventilirung der Hospitäler . 198

Siebentes Capitel.

Heizung und Lüftung der Volksschulen, der Freisäle, Kleinkinderbewahranstalten u. s. w. 206
Die Volksschulen und die Freisäle 206
Schul- und Erziehungsanstalten 213

Achtes Capitel.

Die Ventilirung der Casernen 214

Neuntes Capitel.

Erwärmung und Ventilirung der Werkstätten 217
Ventilirung der Umathgruben zu la Villette 220
Ventilirung der Seidenzüchtereien oder Magnanerien 221

Zehntes Capitel.

Die Ventilirung der Bergwerke 223
Wetteressе über Tage, mit einem zur Seite am untern Ende der Esse angebrachten Ofen 224
Wetteröfen unter Tage 225

Elftes Capitel.

Die Erwärmung der Glashäuser 227
Bedingungen für die Fortschritte der Heizung und Ventilirung großer Etablissements 229

Anhang.

Unterschied zwischen Luft- und Ofenheizung; ihre Einwirkung auf die Zusammensetzung der Luft in den geheizten Räumen 231

Digitized by Google

Vierzehntes Buch.

Von der Abkühlung.

Erstes Capitel.

Allgemeine Betrachtungen über die Abkühlung in der Luft.

1944. Wenn ein erhitzter Körper der Luft ausgesetzt wird, so erkaltet er, und zwar sowohl durch die Ausstrahlung von seiner Oberfläche, als auch durch die Berührung mit der Luft. Wenn die Oberfläche des Körpers in einer constanten Temperatur erhalten wird, so läßt sich die von dem Quadratmeter und in der Stunde verlorne Wärme sehr genau aus den Formeln ableiten, die wir im zweiten Buche dieses Werkes mitgetheilt haben; wenn aber die von der Oberfläche entwickelte Wärme nicht fortwährend ersetzt wird, so sind die Gesetze der Abkühlung nicht dieselben, und die Temperatur des Körpers sinkt nach und nach. Ist der Körper metallisch, oder besteht er in einem metallischen, mit Wasser oder mit einer andern Flüssigkeit angefüllten Gefäße, so kann man ohne bedeutenden Fehler wenigstens in sehr vielen Fällen annehmen, daß alle Punkte des Körpers wesentlich dieselbe Temperatur haben, und daß sie sich gleichzeitig um dieselbe Größe abkühlen. Kennt man nun die Temperatur der Luft, die Form des Körpers, sein Gewicht und seine Wärmecapacität, so kann man durch Berechnung dahin gelangen, die Bedingungen seiner Abkühlung und die Temperatur nach einer gewissen Zeit zu bestimmen. Ist aber der Körper ein schlechter Wärmeleiter, so würde seine Temperatur zunehmen, wenn man sich von seiner Oberfläche entfernte, und die Temperatur eines Punktes würde nach einer gewissen Zeit nicht allein von den verschiedenen erwähnten Elementen, sondern auch von seiner Stellung abhängen. Die Frage würde von einer außerordentlichen Verwickelung und im Allgemeinen nicht zu lösen sein; glücklicherweise kommt sie in den Gewerben nicht vor.

1945. Wenn es bei einem mit Wasser angefüllten Gefäße oder bei einem metallischen, der Luft bei einer gewissen Temperatur ausgesetzten Körper von Wichtigkeit wäre, wenigstens einen annähernden Werth der Temperatur des Körpers nach einer gewissen Zeit x zu haben, so

Digitized by Google

könnte man für die Abkühlung das Newton'sche Gesetz annehmen: Bezeichnet man mit V die Geschwindigkeit der Abkühlung und das Verhältniß zwischen der sehr geringen Temperaturveränderung dt und der Zeit dx, so würde man haben:

$$V = \frac{-dt}{dx} = at; \text{ daher } dx = \frac{-dt}{at}; \text{ und } \log. t = C - \frac{ax}{M};$$

da M der Model der Tabellen 2,3025, t die Temperatur nach der Zeit x; wenn man mit T die Temperatur zu Anfang der Zeit bezeichnet, so würde man haben: C=log. T, und die Formel würde sein: log. t=log. T$-\frac{ax}{M}$. Diese Formel enthält nur eine Unbekannte a, die man dadurch bestimmt, daß man die Temperatur t' nach der Zeit x feststellt, welches geben würde: $a = -(\log. t' - \log. T)\frac{M}{x'}$.

1946. Gewöhnlich reduziren sich die auf die Abkühlung bezüglichen Fragen auf die folgenden: 1) Verzögerung der Geschwindigkeit der Abkühlung; 2) Vermehrung der Geschwindigkeit der Abkühlung; 3) Eisfabrikation; 4) Aufbewahrung des Eises. Wir werden die Fragen nach und nach erörtern.

Zweites Capitel.

Vorrichtungen, um die Abkühlung der Körper aufzuhalten.

1947. Wenn die Körper von der Luft umgeben sind, so kühlen sie sich, wie wir schon bemerkt haben, ab, theilen die Wärme den umgebenden Körpern durch Ausstrahlung ihrer Oberfläche mit und erkalten unter Berührung und Erneuerung der Luft.

1948. Um die directe Transmission zu vermindern, muß man der Art verfahren, daß die Körper, welche mit der erhitzten Oberfläche in Berührung stehen, möglichst schlechte Wärmeleiter sind, und daß man hauptsächlich die Berührung der Flüssigkeiten vermeidet, die, in Folge ihrer großen Wärmecapacität, durch Beweglichkeit und durch ihre Abdampfung die Wärme sehr leicht absorbiren.

1949. Um den von der Ausstrahlung herrührenden Wärmeverlust zu vermindern, muß man Körper mit einem sehr geringen Emissionsvermögen anwenden, wohin die polirten Metalle gehören.

1950. Um die Größe des Wärmeverlustes zu vermindern, der durch die Berührung der Luft veranlaßt wird, und der, wie wir bereits gesehen haben, unabhängig von dem Zustande und der Beschaffenheit der Oberfläche der Körper ist, muß man die Erneuerung der den Körper umgebenden Luft verhindern, indem man ihre Oberfläche mit einem Mantel versieht, der nur unten offen ist.

Digitized by Google

1951. Von allen anzuwendenden Mitteln sind die aus schlechten Wärmeleitern angefertigten Mäntel, die von glänzenden metallischen Oberflächen umgeben sind, die wirksamsten. Mehrfache Mäntel sind ebenfalls sehr vortheilhaft. Die in dem sechsten Buche dieses Werkes mitgetheilten Formeln und Zahlen gestatten es leicht, in jedem besondern Fall die entstandenen Verluste, so wie auch die einfachsten und wirksamsten Mittel zu ihrer Vermeidung aufzufinden.

Drittes Capitel.

Vorrichtungen zur Beschleunigung der Abkühlung der Körper.

1952. Wenn ein fester oder flüssiger Körper, der in einem verschlossenen Gefäß enthalten ist, abgekühlt werden soll, so steigert man die Geschwindigkeit der Abkühlung, indem man der Oberfläche des Körpers oder des Gefäßes eine große Emissionskraft durch einen matten Ueberzug giebt. Man vermehrt auch die Abkühlung des Körpers, indem man die Erneuerung der Luft durch eine darüber angebrachte Esse beschleunigt, wodurch eine lebhafte Bewegung in der umgebenden Luft hervorgebracht wird.

1953. Wenn der Körper in Wasser getaucht werden kann, und wenn es möglich ist, eine große Masse von dieser Flüssigkeit zu benutzen, so ist es in Beziehung auf die Zeit sehr vortheilhaft, die Abkühlung im Wasser zu bewirken. Nach einigen Versuchen über den Ueberschuß der Temperatur zwischen 10 und 26 Grad ist die Wärmemenge A, die auf die Flüssigkeit von dem Quadratmeter und in einer Stunde für eine Temperaturdifferenz t übertragen wird, wesentlich:

$$A = 43\,t\,(1 + 0{,}105\,t).$$

Da aber bei diesen Versuchen die Temperatur des Gefäßes 40 Grad nicht überstiegen hat, so darf man auch die Formel auf eine höhere Temperatur nicht anwenden. Sie würde sich hauptsächlich weit von der Wirklichkeit entfernen, wenn die umgebende Flüssigkeit bis zum Sieden gebracht würde, weil die Erneuerung der mit der Oberfläche in Berührung stehenden Flüssigkeit sich weit schneller durch die Dampfbildung als durch die von einfachen Dichtigkeitswechseln herrührenden Bewegungen bewirken lassen würde.

1954. Wenn der Körper flüssig ist und in einer Temperatur verdampft, die unter dem Siedepunkte steht, und wenn man nicht fürchtet, einen Theil davon zu verlieren, so ist die wirksamste Art der Abkühlung die Abdampfung. Die die Abdampfung begünstigenden Umstände sind: 1) eine große freie Oberfläche der Flüssigkeit; 2) eine schnelle Erneuerung der mit der Flüssigkeit in Berührung stehenden Luft.

Nach dieser Darstellung der allgemeineren Grundsätze, welche uns in allen Fällen leiten können, wollen wir einige besondere Vorrichtungen untersuchen.

Digitized by Google

1955. Die aus den Bleikammern, in denen sie bereitet ist, herauskommende Schwefelsäure wird zuvörderst in Bleipfannen concentrirt, und diese Concentration in großen Platingefäßen vollendet, die eine solche Einrichtung haben, daß man die sich entwickelnden Dämpfe sammeln und verdichten kann. Wenn die Flüssigkeit die zweckmäßige Dichtigkeit erlangt hat, so muß man sie schnell wegnehmen, damit die Prozesse nach kurzen Unterbrechungen auf einander folgen können, nicht allein um einen Brennmaterialverlust zu vermeiden, sondern auch, daß die Zinsen von dem Anlagekapital der Platingefäße, eine Summe, die oft 40,000 Frcs. übersteigt, auf eine größere Productionsmasse vertheilt werden können. Die angewendete Vorrichtung besteht in einem Platinheber, dessen kurzer Schenkel senkrecht bis zum Boden der kurzen Pfanne geht; der längere Schenkel hat eine geringere Neigung zum Horizont und besteht gewöhnlich aus zwei an ihren Enden vereinigten parallelen Röhren. Diese beiden geneigten Röhren befinden sich in einem metallenen Kasten, durch den kaltes Wasser läuft, indem dieses mittelst einer Röhre auf den Boden geführt wird, während das warm gewordene oben abläuft. Um die concentrirte und siedende Schwefelsäure ablaufen zu lassen, saugt man den Heber dadurch an, daß man den Hahn am Ende des freien Schenkels verschließt und zwei kleine Becher öffnet, die sich an dem höchsten Punkte befinden; durch den einen gießt man kalte Säure ein, und durch den andern entwickelt sich die Luft. Wenn der erstere voll ist, so verschließt man alle beide und öffnet den Abflußhahn, so wie die Hähne, durch welche Wasser in den Respirator gelangt.

1956. Bei der Bierbrauerei ist es sehr wesentlich, die Abkühlung der Wärme möglichst zu beschleunigen, damit die Gährung rasch eintritt, da eine zu langsame Abkühlung sehr nachtheilig auf die Güte des Bieres einwirkt. Früher begnügte man sich damit, die Würze in große flache Bottiche von bedeutender Oberfläche zu bringen. Bei diesem System könnte man die Abkühlung dadurch sehr beschleunigen, daß man durch irgend ein Mittel die mit dem Biere in Berührung stehende Luft erneuerte; z. B. indem man über der Oberfläche der Flüssigkeit ein Rad mit ebenen Flügeln anbrächte, welche dieselbe Eigenschaft wie ein Centrifugalregulator haben, dessen Axe aber senkrecht ist, und welches sich mit einer großen Geschwindigkeit umdreht. Nach einem in England angestellten Versuche bei einem Bottich, in welchem die Flüssigkeit eine Tiefe von 0,135 Meter und eine Oberfläche von 30 Quadratmeter hatte, dauerte die Abkühlung von 4000 Liter Würze 10 Stunden. Nachdem man nun über der Oberfläche des Bieres ein Rad mit 4 Flügeln von 2 Metern Durchmesser angebracht hatte, dessen untere Flügelkanten 0,027 Meter von der Oberfläche der Flüssigkeit entfernt waren und welches 120 Umdrehungen in der Minute machte, erfolgte die Abkühlung in 2 Stunden. Jetzt gebraucht man in großen Brauereien Apparate, bei denen ein bedeutender Theil der verlornen Wärme benutzt werden kann.

1957. Der erste Apparat bestand aus drei concentrischen kupfernen Röhren; die innere Röhre war mit Luft angefüllt, in dem Zwischenraume zwischen dieser und der umgebenden Röhre circulirte kaltes Wasser und durch den ringförmigen Raum zwischen der zweiten und dritten Röhre läuft in entgegengesetzter Richtung das Bier; endlich gießt eine Röhre in derselben Länge wie die oberen Röhren kaltes Wasser auf die äußere

Digitized by Google

Oberfläche der dritten concentrische Röhre. Dieser Apparat ist aber sehr zusammengesetzt, kostbar in der Construction und schwierig zu reinigen. Der Erfinder dieses Apparats ist der Engländer Nickols.

1958. Eine andere von dem Franzosen Tamisier herrührende Vorrichtung scheint vortheilhafter als die vorhergehende zu sein. Der Apparat besteht aus drei länglichviereckigen, parallelen Kupferblechtafeln, die abwechselnd von oben nach unten und von unten nach oben umgebogen sind, wodurch zwei Canäle gebildet werden, die eine gemeinschaftliche Oberfläche haben und seitwärts verschlossen sind. Das Bier circulirt in dem obern Canal, während das Wasser in umgekehrter Richtung durch den untern strömt, und Einspritzungen von kaltem Wasser finden an allen Theilen der äußern Oberfläche des Canals durch Röhren mit Brausen statt. Endlich sind Oeffnungen an den höchsten Theilen des Apparates, so wie an allen unteren Theilen angebracht, um von Zeit zu Zeit die durch das Bier gebildeten Niederschläge herausnehmen zu können.

1959. Es ist ganz offenbar, daß, wenn bei den beiden hier beschriebenen Apparaten nicht kaltes Wasser auf die äußere Oberfläche gespritzt würde, wenn man nicht ein gleiches Volum Wasser mit der Würze anwendete, und wenn die Circulation eine hinlängliche Ausdehnung hätte, sobald man das Wasser in umgekehrter Richtung von der Würze gehen ließe, eine fast vollständige Auswechselung der Temperatur zwischen beiden Flüssigkeiten stattfinden würde, und das Wasser, welches die Abkühlung bewirkt hat, sehr zweckmäßig zu einem neuen Kochen benutzt werden könnte. Jedoch sind in dieser Beziehung, und besonders wegen leichter Reinigung, die Apparate vorzuziehen, die wir in § 1795 u. ff. beschrieben haben.

1960. Die Abkühlung des Condensationswassers der Dampfmaschinen ist unerläßlich, wenn man nicht eine hinreichende Menge kalten Wassers hat, und wenn ein und dasselbe Wasser wiederholt angewendet werden muß, oder aber, wenn das kalte Wasser aus einer zu großen Tiefe und mit zu bedeutender Kraft der Pumpen gehoben werden muß.

1961. Man kann das Condensationswasser einer Dampfmaschine abkühlen und die Wärme, die es enthält, benutzen, indem man die Abkühlung entweder durch einen Luftstrom bewirkt, der mittelst Röhren durch das Wasser strömt, oder wenn man es in Trockenräume oder in Werkstätten führt und es in Röhren durch dieselben circuliren läßt.

1962. Kann man aber die Wärme des Condensationswassers nicht benutzen, so besteht das zweckmäßigste Verfahren zur Begünstigung der Abkühlung in der Verdunstung. Die Fig. 511 stellt einen senkrechten Durchschnitt von sehr einfacher Vorrichtung dar, die eine sehr schnelle Abkühlung bewirkt. Das warme Wasser gelangt durch die Röhre A in den flachen Bottich B, der in einer gewissen Höhe auf einem hölzernen Gerüst steht; es fließt durch eine große Menge kleiner Löcher aus, die sich in dem Boden dieses Bottichs befinden, und fällt auf Dornenbündel, die es theilen, während die Luft durch eine Esse D angesaugt wird. Nachdem das Wasser durch die Dornenbündel gefallen ist, gelangt es in den Bottich CC, aus welchem es durch eine Pumpe wiederum in den Bottich B zurückgefördert wird.

1963. Die Fig. 512 stellt den senkrechten Durchschnitt eines anders eingerichteten Apparates dar. Der obere Behälter ist mit einer großen Anzahl metallener Röhren DD versehen, die an dem Boden befestigt sind, sich darüber erheben und um einige Centimeter darunter ver-

Digitized by Google

längern. Am untern Theile dieser Röhren sind Schläuche SS von Leinwand angebracht, die durch metallene Ringe offen erhalten werden, welche sich am untern Ende im jeden befinden. Zahlreiche Oeffnungen eines Behälter D und rings um die Röhren gestatten der Flüssigkeit, auf die Schläuche und von diesen in den Behälter C zu fallen. Die Schläuche bilden alsdann Essen, durch welche die durch das warme Wasser erwärmte Luft sich rasch bewegt und eine schnelle Abdampfung veranlaßt.

1964. In Fig. 513 sieht man einen noch anders eingerichteten Apparat. Der Boden des obern Behälters enthält sehr viel runde Oeffnungen, in denen Seile von etwas geringerer Stärke angebracht sind; diese Seile gehen durch zwei benachbarte Löcher. Sie werden in der Mitte gehalten und dienen als Leitungen für das Wasser, welches aus dem obern in den untern Behälter gelangt. Die durch die centrale Esse angesaugte Luft geht durch das Seilbündel und erkaltet schnell das Wasser, welches auf ihrer Oberfläche fließt.

1965. Der in Fig. 514 dargestellte Apparat ist dem vorhergehenden sehr ähnlich. Das Wasser fließt ebenfalls auf der Oberfläche von Seilen, allein die Wassergefäße sind länglich viereckig; der sie bildende Raum ist von allen Theilen geschlossen und steht auf der einen Seite mit einem Centrifugalregulator und auf der entgegengesetzten mit einer Esse in Verbindung. Das Wasser des untern Behälters wird durch eine Pumpe in den obern zurückgeführt, wenn es durch einen einfachen Fall nicht hinreichend abgekühlt worden ist.

Viertes Capitel.

Erkaltung der Körper unter die umgebende Temperatur. Erzeugung und Aufbewahrung des Eises.

1966. Die Abkühlung eines Körpers unter die umgebende Temperatur kann, wenn man einige chemische Einwirkungen unberücksichtigt läßt, durch die Berührung des Körpers, 1. mit Luft, die sich mit Wasserdämpfen sättigt, 2. mit zusammengedrückter Luft, die sich ausdehnt, 3. mit dem Eise oder mit Kälte erzeugenden Gemengen, bewirkt werden.

1967. Abkühlung durch Abdampfung. — Wenn ein Strom trockener oder auch nur nicht gesättigter Luft über eine Flüssigkeit wegströmt, so vermindert die Abdampfung oder Abkühlung die Temperatur; diese Abkühlung ist unabhängig von der Geschwindigkeit der Luft. Aus den von Gay-Lussac angestellten Versuchen ersieht man, daß, wenn die Luft vollkommen trocken ist und ihre Temperatur so wie die der Flüssigkeit beträgt:

0°,	5°,	10°,	15°,	20°,	25°,

die erlangten Temperaturverminderungen sein werden:

5,82°	7,27°	8,97°	10,82°	12,73°	14,70°.

Digitized by Google

Wenn die Luft schon zum Theil mit Wasserdampf gesättigt war, so mußte die Temperaturverminderung weit geringer sein; unter denselben Umständen kann man diese Verminderung als im Verhältniß zu der Menge der Wasserdämpfe stehend ansehen, welche die Luft aufzunehmen vermag. Da nun in den meisten Fällen die Luft zur Hälfte gesättigt ist, so würde die Abkühlung die Hälfte der angegebenen sein.

1968. Wenn der abzukühlende Körper Wasser wäre, so könnten alle in dem vorhergehenden Capitel beschriebenen Apparate angewendet werden. Wenn aber die Flüssigkeit eine andere wäre und ihre Abkühlung nicht durch die eigene Abdampfung bewirkt werden könnte, so müßte man sie langsam durch ein System metallener Röhren circuliren lassen, deren äußere mit Leinwand bedeckten Oberflächen kleine Wasserstrahlen aufnähmen, deren Verdunstung man mittelst eines von einem Ventilator hervorgebrachten Windstromes beschleunigte.

1969. Muß der Körper in der Luft abgekühlt werden und könnte man ihn mit Wasserdampf sättigen, so würde Fig. 514 die zweckmäßigste sein.

1970. Muß aber die Luft ihren ursprünglichen hygrometrischen Zustand behalten, so würde der Apparat weit zusammengesetzter sein. Man müßte die Luft zwischen zwei Behältern durch eine große Anzahl metallener Röhren circuliren und die Oberflächen der Röhren erkalten lassen, indem man das Wasser ausströmen ließe und dessen Abdampfung durch einen schnellen Luftstrom veranlassen würde, wie dies in Fig. 514 der Fall ist.

1971. Baumhauer in Amsterdam hat einen Apparat zur Abkühlung der Luft in den Zimmern vorgeschlagen. Dieser Apparat besteht in einem Cylinder, in den Wasser einfällt, welches durch einen in derselben Richtung gehenden Luftstrom sehr getheilt ist, und das alsdann in eine Esse ausströmt, die durch eine Gasflamme erwärmt wird. Dieser Cylinder ist von einem andern an beiden Enden offenen umgeben, welcher der Quere nach gehende Metallgaze enthält und den Zweck hat, die Abkühlung der Luft, welche zwischen die beiden Cylinder abwärts geht, durch die einzige Wirkung der Temperaturverminderung zu bewirken. Diese Einrichtung ist auf dasselbe Princip begründet, wie die vom Verfasser beschriebene.

1972. Man könnte bei dem Wasser durch seine Abdampfung in der Luftleere eine viel bedeutendere Abkühlung veranlassen, als durch die von der Luft herrührende Abdampfung; aber wir wollen von diesem Mittel der Abkühlung erst dann reden, wenn die Frage wegen des Wassergefrierens erläutert wird.

1973. Abkühlung eines Gases durch seine Ausdehnung. — Wenn man ein Gas zusammenpreßt, so erhitzt es sich, und wenn man die durch die Zusammenpressung erlangte Temperatur zu seinem ursprünglichen Volum zurückführt, so wird es offenbar seine anfängliche Temperatur wieder erlangen. Wenn nun folglich ein zusammengepreßtes Gas die gewöhnliche Temperatur hat, so muß es sich durch seine Ausdehnung um eine gleiche Anzahl von Graden abkühlen, als die ist, um welche es sich durch die Zusammenpressung erhitzt hat.

1974. Wenn man mit Laplace die Temperatur der Luft mit θ, ihre Dichtigkeit mit d, die Temperatur, die sie durch plötzlichen Druck erlangt, mit Θ und die dadurch veranlaßte Dichtigkeit mit d' bezeichnet, so erhält man:

Digitized by Google

$$\theta' = (274 + \theta)\left(\frac{d'}{d}\right)^{0,42} - 274.$$

Nimmt man $\theta = 0^0$ und $d' = 5d$, so findet man $\theta' = 256^0$. Es würde dies folglich die Temperaturverminderung sein, welche diese Luft erleiden müßte, wenn sie ihre ursprüngliche Dichtigkeit wieder annähme.

1975. Die Ausdehnung der Gase ist daher ein sehr wirksames Mittel zur Abkühlung dieser Gase und der mit denselben in Berührung stehenden Körper; allein es veranlaßt diese Abkühlung eine bedeutende mechanische Arbeit, wenn man auf große Massen einwirken will. Uebrigens würde die durch die Ausdehnung hervorgebrachte Abkühlung nicht so bedeutend sein, als die von der Rechnung angegebene, und zwar wegen der Wärme, die sich in der Luft durch die Ströme der zusammengepreßten Gase und der von den Umgebungen ausgehenden entwickelt.

1976. Wir erwähnen hier den schönen Versuch von Thilorier, welcher nachweist, wie wirksam diese Art der Abkühlung ist. Wenn Schwefelsäure und doppelt kohlensaures Natron in einen Cylinder gebracht werden und erst mit einander in Berührung kommen, wenn der Cylinder verschlossen ist, so bildet sich Kohlensäure, die unter einem Druck von 36 Atmosphären von 0 Grad tropfbar flüssig wird. Oeffnet man nun ein Loch, durch welches das Gas aus dem Apparat ausströmt, so entsteht eine Abkühlung von 93 Grad unter dem Eispunkt und das Gas wird als ein sehr feiner Schnee fest.

1977. Man könnte diese Art der Abkühlung dazu benutzen, um die Luft einige Grad unter der umgebenden Temperatur zu vermindern, indem man sich einer Maschine bedient, welche die Luft in langen Röhren von großem Durchmesser zusammendrückt und abkühlt und dieselbe sodann an ihrem Ende durch Oeffnungen von weit geringerem Durchmesser strömen läßt.

1978. Abkühlung der Luft durch die Berührung mit Eis oder mit Kälte bildenden Gemengen. — Wir wollen hier die zweckmäßigsten Einrichtungen der Apparate angeben, die man zur Abkühlung der Luft mittelst Eis anwenden kann.

1979. Die Figg. 515 und 516 stellen einen senkrechten und einen horizontalen Durchschnitt eines dieser in Frage stehenden Apparates dar. A ist eine senkrechte Röhre, durch welche die abzukühlende Luft strömt; BB ist ein ringförmiges Gefäß, welches das Eis aufnimmt; dieses Gefäß hat einen doppelten Mantel CC, der mit Eiderdunen, mit Watte, mit Kleie oder mit zerhacktem Stroh angefüllt ist. Eine mit einem Hahn D versehene Röhre läßt das durch das Schmelzen des Eises hervorgebrachte Wasser ablaufen. Die innere Wand des Gefäßes B besteht aus Gußeisen und hat mehrere Reihen von Scheidern, die eine radiale Richtung, eine geringe Höhe und eine solche Anordnung haben, daß die zwei auf einander folgenden Reihen angehörigen nicht in derselben Ebene liegen. Durch diese Einrichtung kann dieses das Eis enthaltende Gefäß nur eine geringe Höhe haben und dennoch die Luft, die hindurch geht, sehr schnell abkühlen.

1980. Wenn aber die Luft nur um wenige Grade abgekühlt werden soll, und zwar nicht auf eine Temperatur unter 10 Grad, so ist es weit vortheilhafter, sie in Röhren circuliren zu lassen, die in einer hinreichenden Tiefe im Boden angebracht worden sind. Es ist dies das zweckmäßigste

Digitized by Google

Verfahren beim Abkühlen der Luft im Sommer und in heißen Ländern. Die Luft könnte durch einen Centrifugalventilator eingetrieben werden, und es würde die Arbeit eines Mannes hinreichen, einen Raum zu lüften, der 50 bis 60 Personen aufgenommen hat, wenn die Geschwindigkeit der Luft in dem Canal 2 oder 3 Meter nicht überstiege.

1981. Abkühlung der Körper durch Ausstrahlung gegen den Himmel in kalten Nächten. — Wenn ein mit einem großen Ausstrahlungsvermögen begabter Körper an einem offenen Orte in einer ruhigen und hellen Nacht ausgestellt ist, so erleidet er eine Abkühlung, die daher rührt, daß die Atmosphäre der Erde eine niedrige Temperatur hat.

Die Abkühlung würde weit bedeutender sein, wenn die Luft, die Erde und die Verdichtung des Wasserdampfes an der Oberfläche der Körper ihnen nicht einen Theil der verlorenen Wärme zurückgäben. Um daher auf diese Weise eine bedeutende Abkühlung zu erreichen, muß das Emissionsvermögen der Oberfläche den höchsten Grad haben und die Körper müssen von anderen sehr schlechten Wärmeleitern getragen werden.

1982. Seit undenklichen Zeiten hat man in Bengalen Eis durch ein auf die nächtliche Ausstrahlung begründetes Verfahren gemacht. Man setzt flache thönerne, mit Wasser angefüllte Gefäße auf Lagen von Zuckerrohr oder Maisstengeln, die nicht zusammengedrückt werden. Wenn während der Nacht der Himmel rein, die Luft ruhig und die Temperatur der Atmosphäre unter 10° gesunken ist, so findet man am Morgen das Wasser gefroren. Auch in Europa gelingt diese Eisbildung während des Sommers recht gut.

1983. Das Gefrieren des Wassers. — Die wirksamsten physischen Mittel zum Gefrieren des Wassers sind: 1) die Ausdehnung der zusammengepreßten Luft; 2) die Verdampfung des Wassers oder einer andern Flüssigkeit in der Leere; 3) Gefrieren der Gemenge.

1984. Das erste bereits angegebene Mittel besteht darin, in einen senkrechten, mit Wasser angefüllten und mit schlechten Wärmeleitern umgebenen Cylinder, einen Strom verdichteter Luft gelangen zu lassen, die sich in kleine Bläschen theilt und von unten nach oben durch eine mit sehr vielen kleinen Löchern versehene Metallplatte geht; der Apparat würde aber etwas zusammengesetzt sein und eine große Triebkraft erfordern. Er würde aus einer Pumpe, welche die Luft verdichtet, bestehen; die verdichtete Luft würde in eine Röhre von kleinem Durchmesser, die unter Wasser tritt, ausströmen; sie würde dem Wasser die Temperatur nehmen und sich in sehr kleinen Strahlen in einem mit Wasser gefüllten Gefäß ausdehnen. Die Pumpe müßte selbst derart von Wasser umgeben sein, daß die durch die Verdichtung entwickelte Wärme in dem Maße ihrer Entstehung absorbirt werden würde. Die aufgewendete Kraft, die einer gewissen Abkühlung entspricht, würde man leicht berechnen können. Bezeichnen wir mit S die Kolbenoberfläche in Quadratcentimetern, mit H die innere Länge des Cylinders, mit z den nach einer gewissen Zeit durchlaufenen Raum. In diesem Augenblick wird der auf den Kolben durch die zusammengepreßte Luft ausgeübte Druck sein $\frac{S \times 1{,}03 \times H}{(H - z)}$, und die durch einen sehr kurzen Weg hervorgebrachte Arbeit dz wird sein:

Digitized by Google

$$\left\{\frac{S \times 1{,}03\,H}{H-z} - S \times 1{,}03\right\} dz = S \times 103 \left\{\frac{z\,dz}{H-z}\right\}.$$

Es sind dies Ausdrücke, die man integriren muß, von $z = o$ bis $z = Z$, indem Z die Grenze des Kolbenlaufs bezeichnet. Nimmt man $Z = m\,H$, so findet man für die gesuchte Integrale:

$$S \times H \times 1{,}03 \left(2{,}3025 \log. \frac{1}{1-m} - m\right).$$

Nimmt man an, daß $m = \frac{4}{5}$; $S = 10000$; $H = 1$ Met., so wird dieser Ausdruck gleich 8330 Kilogrammmeter. Die von den ausgedehnten Gasen zu ihrer Wiedererwärmung auf o^0 absorbirte Wärme würde gleich $1{,}3 \times 256 \times o{,}24 = 80$ Wärmeeinheiten sein, welche die zum Gefrieren von 1 Kilogramm Wasser erforderliche Wärme wenig übersteigt. Da die Arbeit einer Pferdekraft in einer Stunde $75 \times 3600 = 270000$ beträgt, wenn alle Arbeit benutzt wird, so könnte eine Pferdekraft in der Stunde $\frac{270000}{8330} = 32{,}4$ Kilogramm Eis hervorbringen. Da aber bei der Bewegungsübertragung, besonders durch die Wärme, welche eine Folge der Zusammenpressung der Luft ist, und die in dem Maße ihrer Entstehung nicht vollständig absorbirt werden könnte, viel Wärme verloren geht, so würde die Menge des durch eine Pferdekraft in der Stunde in Eis verwandelten Wassers sicher weit geringer sein, als die durch die obige Berechnung gefundene Menge. Wenn das Gasvolum auf 0,1 reducirt wäre, so würde die Arbeit 14445 Kilogrammmeter sein, und da die Abkühlung 135 Wärmeeinheiten beträgt, so würde sie mehr Arbeit kosten. Es scheint, daß in Indien dieses Verfahren zur Eisbereitung angewendet worden ist, daß aber die Kosten zu hoch waren und daß daher die Eisfabriken kaum mit dem amerikanischen Eise concurriren konnten.

1985. Das zweite Mittel ist einfacher. Der Apparat würde aus zwei senkrecht stehenden, oben mit einander verbundenen und daselbst mit schlechten Wärmeleitern versehenen Cylindern bestehen, von denen der eine Wasser, der andere Chlorkalk enthält und mit einer sehr wirksamen Luftpumpe in Verbindung steht. Wenn in beiden Cylindern die Luftleere hergestellt ist, so wird eine schnelle Abdampfung in Folge der Aufnahme des Wasserdampfes von dem Chlorkalk entstehen und das Wasser sehr bald unter 0 Grad abgekühlt werden. Soll die Abdampfung noch gesteigert werden, so müßte das Wasser in den einen Cylinder fortwährend als Regen eingespritzt und der Chorkalk auf Scheidern vertheilt werden, so daß dem Dampf eine bedeutende Oberfläche dargeboten würde. Wenn die umgebenden Körper dem Wasser keine Wärme zurückgeben, und man es ursprünglich von 10 Grad zu 10 Grad annimmt, so würde das Gefrieren von 1 Kilogr. Wasser die Emission von $10 + 79 = 89$ Wärmeeinheiten, und folglich die Abdampfung von $\frac{89}{540} = 0{,}155$ Kilogr. Wasser erfordern. Da aber die umgebenden Körper und besonders das Verdichtungsgefäß stets Wärme abgeben, so würde die zu liefernde Dampfmenge

Digitized by Google

weit bedeutender sein. Der Kraftverbrauch zur Erhaltung der Luftleere würde nur gering sein und ebenso der Brennmaterialverbrauch zum Calciniren des Chlorkalkes. Der Grad der Vollkommenheit, den man bei den Siedeapparaten in der Luftleere erlangt hat, gestattet es nicht, daran zu zweifeln, daß man sehr leicht dahin gelangen würde, die Leere während der zum Gefrieren erforderlichen Zeit zu erhalten. Von diesen allgemeinen Betrachtungen bis zur praktischen Ausführung ist es aber noch weit, und es würden Proben nach einem großen Maßstabe unerläßlich sein, nicht allein um sich zu überzeugen, daß man nicht unvorhergesehene Schwierigkeiten findet, sondern auch um die Einzelnheiten der Construction zu studiren und die Productionskosten des erzeugten Eises annähernd zu bestimmen.

1986. Es scheint, daß man in gewissen Gegenden der Vereinigten Staaten zu der Eisbildung des Wassers nach einem sehr großen Maßstabe durch die Verdampfung des Aethers gelangt ist. Gußeiserne Gefäße, die 14 oder 15 Kilogr. Wasser enthalten, sind von einem Mantel umgeben, welcher eine dicke Kohlenschicht aufnimmt; rings um die Gefäße sind Rinnen angebracht, die zum Abfluß des Aethers dienen. Man bewirkt die Luftleere in dem Mantel mittelst einer starken Luftpumpe und läßt den Aether in die Rinne ausfließen, indem man die Maschine in Thätigkeit erhält, welche ununterbrochen Aetherdampf wegnimmt, ihn dann verdichtet und den flüssigen Aether in ein außerhalb angebrachtes Gefäß abfließen läßt. Das Thermometer fällt der Angabe nach bis auf — 9° C, und das auf diese Weise erzeugte Eis kostet nur 15 Centimeter das Kilogramm; der Proceß dauert nicht länger als eine Stunde. Da die latente Wärme des Aetherdampfes 109° ist und die Temperatur des Wassers zu 15 Grad angenommen werden kann, so beträgt die Wärme, die man von 1 Kilogr. Wasser wegnehmen muß, 79 + 15 = 94; man sieht demnach, daß man etwas weniger als 1 Kilogr. Aether abdampfen muß, um 1 Kilogr. Wasser in Eis zu verwandeln.

Peclet ist der Meinung, daß es vortheilhaft sei, die gußeisernen Kästen durch im Innern verzinnte, etwas konische Röhren zu ersetzen, die sich in eine gußeiserne Platte öffnen, welche den obern Theil der Kammer bilden und einen Stab von verzinntem Eisen aufnehmen würde, der unten gekrümmt sein und zum Wegnehmen des Eises dienen müßte. Auch würde es zweckmäßiger sein, die Rinne, welche den Aether um die Oberflächen der Gefäße führen soll, durch eine Umgebung von Leinwand ersetzen, auf welcher das Aether hinabgehen könne. Obgleich der Aether eine geringere latente Wärme hat, so ist er doch dem Wasser und dem Alkohol vorzuziehen, da sein Dampf die größte Dichtigkeit unter dem entsprechenden Druck des Gefrierens von dem Wasser hat. Nimmt man das Gesetz von Dalton an, welches darin besteht, daß die Dämpfe der verschiedenen Flüssigkeiten Spannungen haben, die gleich den Temperaturen, gleich weit von der ihrer Siedepunkte entfernt sind; so wird die Spannung des Aetherdampfes, da der Aether bei 36 Grad siedet und diese Flüssigkeit im Wesentlichen auf 0 Grad erhalten wird, gleich Wasserdampf von 100—36 = 64°, d. h. bei 0,178 Met. Quecksilber oder bei 0,234 Atmosphäre sein. Da nun die Dichtigkeit des Aetherdampfes im Verhältniß zu der der Luft gleich 2,58 ist, so würde 1 Liter Aetherdampf bei 0 Grad wiegen 2,58×1,3×0,230= 0,784 Gramm und die Wärmemenge, die er enthielte, würde sein 0,000784 × 109 = 0,085°. Da bei dem Wasser die Spannung des

Digitized by Google

Dampfes bei 0 Grad 0,0046 Queckſilber oder 0,0060 Atmoſphären und die Dichtigkeit des Waſſerdampfes im Verhältniß zur Luft gleich 0,22 iſt; ſo wird das Gewicht von 1 Liter Waſſerdampf ſein $0{,}622 \times 1{,}3 \times 0{,}006 = 0{,}0048$ Gramm, und die Menge der Wärme, die er enthalten würde, müßte ſein $\frac{506 \times 0{,}0048}{1000} = 0{,}0024$.

Herr Carré beſchäftigt ſich ſeit einiger Zeit in Frankreich mit der Conſtruction eines auf dieſes Princip begründeten Apparates. Er beſteht wie der beſchriebene aus drei Hauptorganen: einem Refrigerator, der Aetherpumpe und dem Condenſator. Der Refrigerator iſt ein Cylinder von Kupferblech, der eine ſenkrechte Stellung hat und in welchen der flüſſige Aether unaufhörlich einſtrömt. Der Deckel iſt mit einer Anzahl runder Löcher verſehen, in welche Röhren eintreten, die unten geſchloſſen, oben aber offen ſind; ſie ſind an den Rändern der Löcher eingelöthet und hängen auf dieſe Weiſe im Innern des Cylinders. Dieſe Röhren enthalten Alkohol und in demſelben befinden ſich andere Röhren mit dem in Eis zu verwandelnden Waſſer. Die Pumpe wirkt als ſolche in dem Refrigerator bei 0,67 Meter Queckſilber und läßt Aetherdampf in den Condenſator gelangen, der, nachdem er wieder flüſſig geworden iſt, in den Refrigerator zurückgelangt.

Nach einigen erſten Verſuchen würde dieſer Apparat bis 30 Kilogr. Eis auf die Pferdekraft und in der Stunde erzeugen. Die Temperatur geht in dem Refrigerator bis unter 20° hinab.

1987. Endlich kann auch das Waſſer durch Kälte erzeugende Gemenge zum Gefrieren gebracht werden. In allen dieſen Gemengen rührt die Temperaturverminderung von dem Flüſſigwerden eines oder mehrerer mit einander in Berührung gebrachter Körper her; jedoch ſind dieſe Gemenge hinreichend bekannt, und brauchen wir daher hier nicht näher darauf einzugehen.

1988. Im Jahre 1845 präſentirte Herr de Villeneuve der Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris einen Apparat, der zum Gefrieren des Waſſers durch ein Kälte erzeugendes Gemenge beſtimmt war und über den ein ſehr günſtiger Bericht erſtattet wurde. Das Gemenge beſtand aus Chlorwaſſerſtoffſäure und kryſtalliſirtem ſchwefelſaurem Natron. Der Apparat beſtand aus einem erſten, etwas koniſchen Gefäß von Weißblech, welches das Waſſer enthielt, das in Eis verwandelt werden ſollte. An demſelben befand ſich unten ein Stift und über dem Deckel eine Kurbel; ſeitwärts enthielt es einige Anhänge von verzinntem Eiſen. Ein anderes, ebenfalls weißblechernes Gefäß, jedoch mit doppelten Wänden, enthielt das Kälte erzeugende Gemenge; der Zwiſchenraum war mit einem ſchlechten Wärmeleiter ausgefüllt. Dieſes letztere Gefäß hatte unten eine Oeffnung mit einem Kegelventil verſehen, welches mittelſt eines Hebels aufgehängt werden kann. Der obere Theil der doppelten Wand iſt ſo zuſammengezogen, daß er den innern Cylinder berührt und ihm bei der drehenden Bewegung, die er mittelſt der Kurbel erhält, zur Leitung dient. Unter dieſem Apparat befindet ſich ein ebenfalls aus Weißblech ſtehender Behälter, in welchen das Gemiſch fällt, nachdem es ſeine Wirkung gethan hat; er iſt mit mehreren Oeffnungen verſehen, durch welche man abzukühlende Flaſchen einſtellt. Um ſich dieſes Apparates zu bedienen, füllt man das bewegliche Gefäß mit Waſſer und bringt es in das Gefäß, welches von 1,5 Kilogr. kryſtalliſir-

Digitized by Google

tem schwefelsaurem Natron und 1,2 Kilogr. Chlorwasserstoffsäure umgeben ist; man dreht die Kurbel rasch um und läßt nach einer Bewegung von 5 bis 6 Minuten das Gemisch in den untern Behälter ausgießen; nach zehn bis 12 Minuten des Umrührens erneuert man dasselbe, und endlich ein drittes Mal, nachdem man wieder 15 Minuten gedreht hat. Der ganze Proceß dauert etwa eine Stunde und man erhält 3 Kilogr. Eis bei einem Verbrauch von 6 Kilogr. schwefelsaurem Natron und von 4,80 Kilogr. Chlorwasserstoffsäure. Da das schwefelsaure Natron etwa 20 Frcs. pr. 100 Kilogr. und die Chlorwasserstoffsäure 9,50 Frcs. kostet, so kommt 1 Kilogr. Eis auf 20 Cent. zu stehen.

1989. Im Jahre 1846 erfand Herr Goubaud einen Apparat zur Eisbildung, der eine andere Einrichtung hat und bei welchem ein anderes Kälte erzeugendes Gemisch angewendet wird.

Der Apparat besteht aus einem hölzernen Eimer mit Deckel, der den Zweck hat, die Eis erzeugende Mischung aufzunehmen; das Eisgefäß besteht aus einer zinnernen cylindrischen Büchse von einigen Centimetern Höhe und ist mit einem Schraubendeckel verschlossen, an dessen Boden sehr viel kleine konische zinnerne Röhren festgelöthet sind. Auf dem Apparat ist eine eiserne Stange angebracht, die durch den hölzernen Deckel des Eimers geht und mit einer Kurbel versehen ist. Unten ist der Eimer mit einem eisernen Stift versehen, der in einer mittlern Vertiefung in dem Boden angebracht und mit einem spiralförmigen Blatte versehen ist, welches die umgebende Flüssigkeit stets umrührt. Soll der Apparat angewendet werden, so füllt man die zinnerne Büchse mit Wasser; in den Eimer bringt man Wasser und ein zweckmäßiges Verhältniß von dem Eis erzeugenden Gemisch und bewirkt ein starkes Umrühren. Nach etwa 15 Minuten, je nach der ursprünglichen Temperatur des Wassers, ist dasselbe gefroren; um das Eis herauszunehmen, nimmt man das zinnerne Gefäß heraus, wäscht es ab, nimmt den Deckel ab, kehrt es um und läßt das Eisstück herausfallen. Bei den mit diesem Apparat angestellten Versuchen erhielt man in 15 bis 18 Minuten 500 Grammen oder 1 Pfund Eis, wozu 2,5 Kilogr. Kochsalz und 2, 5 Kilogr. Wasser von 12 Grad erforderlich waren. Das in Wasser gelöste Salz kann durch das Abdampfen leicht wieder in solches verwandelt werden. Die Concentration muß so lange fortgesetzt werden, bis die Flüssigkeit 36° der Salzwaage zeigt. Durch Abkühlung wird das Salz zu einer Masse vereinigt; man läßt es abtropfen, verwandelt es in Pulver und benutzt es von Neuem. Die Mutterlauge wird aufbewahrt, um mit den Lösungen bei dem folgenden Proceß vereinigt zu werden. Der Salzverlust durch Abdampfen beträgt etwa 10 Grammen auf 1 Kilogr.; er würde weit größer sein, wenn die Abdampfung eine lebhafte wäre, weil alsdann ein Theil des Salzes zersetzt werden würde. Man sieht daher, daß diese Eiserzeugung ziemlich wohlfeil ist.

1990. Eine ähnliche Einrichtung hat der 1849 von Fumet eingerichtete Apparat; nur hat er zwei concentrische cylindrische Gefäße, zwischen denen die zu gefrierende Flüssigkeit enthalten ist; es ist dies aber eine schlechte Einrichtung, weil die innere gefrierende Flüssigkeit durch die drehende Bewegung nicht bewegt wird. Eben so ist es unzweckmäßig, daß das Eis erzeugende Gemisch nicht gegen die äußere Wärme durch schlechte Wärmeleiter geschützt ist.

Digitized by Google

1991. Derselbe Eisfabrikant hat einen Apparat zur Aufbewahrung der Speisen erfunden, indem er sie in einer niedrigen Temperatur erhält. Es ist dies ganz einfach ein hölzerner Schrank mit doppelten Wänden, deren andere Flächen aus parallelen metallenen Oberflächen gebildet sind, und die einen äußern Mantel von Holz haben, der von der metallenen Wand durch einen engen mit Luft, die sich nicht erneuert, angefüllten Zwischenraum versehen ist. Das Eis bringt man in den obern Theil ein; das daraus durch Schmelzen erfolgende Wasser fließt zwischen den Seitenwänden durch eine gekrümmte Röhre aus, so daß die Erneuerung der innern Luft vermieden wird.

1992. Die Conditoren wenden zur Bereitung des Gefrornen zinnerne, mit Schraubendeckeln versehene Gefäße an, die am Deckel mit einem Griff versehen sind. Diese sogenannten Eisbüchsen enthalten die zu gefrierende Flüssigkeit, man dreht sie von Zeit zu Zeit in einem Gemisch von Eis und Kochsalz um, und öffnet sie, um mit einem Holzspatel das Eis abzulösen, welches sich auf der innern Fläche gebildet hat; es ist dies aber eine sehr viel Zeit beanspruchende Arbeit, und man hat daher eine mechanische Vorrichtung ersonnen, mit deren Hülfe sich das Gefrorne sehr rasch bildet. Dieser jetzt sehr verbreitete Apparat gestattet die Anwendung von offenen Eisbüchsen, so daß man das sich auf der innern Oberfläche bildende Gefrorne sehr schnell und ununterbrochen wegnehmen kann. Der Apparat ist in Fig. 517 dargestellt. A ist das hölzerne Gefäß, welches das Gemenge von Kochsalz und zerstoßenem Eise enthält; dieses Gefäß ist ungefähr 0,60 Meter weit und eben so hoch. B ist die zinnerne Eisbüchse von 6 Millimet Metalldicke, von 0,40 Meter Höhe und 0,31 Meter Durchmesser. D Welle von verzinntem Eisen, welche durch die Eisbüchse geht, die daran befestigt ist und in einen Stift ausläuft, der sich in einer Pfanne bewegt. C ein zugeschärfter eiserner Stab, der nach dem innern Umfang der Eisbüchse gebogen und in der Traverse TT befestigt ist. Die drehende Bewegung wird mittelst einer Kurbel M des Schwungrades V der Welle H, die in den beiden Säulen PP liegt, so wie mit einer Reihe von Zahnrädern E. F. J. K bewirkt. Gewöhnlich werden durch ein und dieselbe Kurbel zwei Eisbüchsen in Bewegung gesetzt; es ist aber eine jede mit einer Ausrückung N versehen, die mittelst eines Hebels mit Gegengewicht L in Bewegung gesetzt wird, wie die Fig. angiebt. Mittelst dieses Apparates, und indem die Eisbüchse 300 Umgänge in der Minute macht, bereitet man 4 bis 5 Kilogramm Eis in 5 Minuten mit der Kraft eines einzigen Mannes.

1993. Die Aufbewahrung des Eises. In den gemäßigten und in den heißen Ländern, in denen man Eis während der kältesten Wintertage sammeln kann, bewahrt man es in Räumen auf, die unter der Benennung der Eiskeller bekannt sind. Diese Eiskeller sind in dem Boden ausgehöhlt und haben im Allgemeinen die Gestalt eines umgekehrten abgestumpften Kegels, dessen Wände aus einem starken Mauerwerk gebildet und mit einer Cementschicht überzogen sind, so daß kein Wasser hindurchdringen kann. Auf dem Boden ist ein Gitter angebracht, und unter demselben ein Sumpf, in welchem sich das vom Schmelzen des Eises herrührende Wasser sammelt und von wo man es ableiten kann, entweder dadurch, daß es in die Erde dringt oder indem es von einem abfallenden Canal aufgenommen wird, der es ableitet, wenn die Eisgruben in

Digitized by Google

dem Abhange eines Hügels angebracht worden sind. Ueber der Eisgrube ist entweder ein dickes Gewölbe von Mauerwerk oder ein mit Stroh gedecktes Dach mit einem Eingange nach Norden angebracht; derselbe ist gangartig und hat eine Thür an jedem Ende; vor der äußern Thür sind Bäume gepflanzt, so daß die Sonnenstrahlen möglichst abgehalten werden. Das Eis muß bei trockenem Frost in den Keller geschafft werden. Das Gitter über dem Sumpf und alle Wände werden mit einer dicken Schicht von Langstroh bedeckt, und alsdann erst wird das Eis eingebracht, und zwar so dicht als möglich, damit zwischen den Eisstücken wenig Zwischenräume bleiben. Man kann auch eine solche Eisgrube mit Schnee anfüllen, den man mehr in länglich viereckigen Blöcken feststampft und dieselben möglichst dick über einander legt. Oben wird das Eis ebenfalls mit einer dicken Strohschicht bedeckt, auf welche man Bretter oder Steine legt.

1994. Ungeachtet aller Vorsicht, um zu verhindern, daß die Wärme der umgebenden Körper in die Eisgrube dringt, verliert man doch jedes Jahr einen Theil des Eises, und dieser Verlust, der stets im Verhältniß zu der aufgehäuften Masse steht, ist immer um so größer, je kleiner die Eisgrube ist. Denn der Verlust steht in Beziehung zu der Oberfläche, und die Oberfläche ähnlicher Körper, deren Dimensionen zunehmen, wachsen in einem geringeren Verhältniß, als die Volumina. Im ersten Jahre der Benutzung einer Eisgrube ist der Verlust weit größer, als in den folgenden Jahren; es kann selbst der Fall sein, daß man, wenn das Mauerwerk nicht gehörig ausgetrocknet ist, gar kein Eis in dem Keller behält.

1995. Man giebt gewöhnlich den großen Eisgruben 4 bis 6 Met. Durchmesser und 7 Met. Tiefe. Fig. 518 stellt einen senkrechten Durchschnitt eines großen Eiskellers dar.

1996. Die Fig. 519 stellt einen senkrechten Durchschnitt von einer kleinen amerikanischen Eisgrube von sehr einfacher Construction dar, welche für eine zahlreiche Familie groß genug ist. A ist eine Grube von 2 Met. Tiefe, Länge und Breite; b ist ein Canal auf dem Boden der Grube, durch welchen das von dem Schmelzen des Eises herrührende Wasser abfließt; cc sind Holzstücken von 0,15 Met. Stärke im Quadrat und von 2 Met. Länge, die auf dem Boden der Grube angebracht sind und deren Enden auf dem Boden liegen; d sind Querschwellen, die auf den Längsschwellen c liegen. Diese Querschwellen tragen eine gewisse Anzahl von Latten von 5 Centimet. Stärke und 2 Centimet. Länge; ff Säulen von 8 Centimet. Stärke, welche bis zum Boden der Grube reichen und sich bis zu dem obern Theil erheben; g Latten von 4 Centimet. Stärke, welche die Wände der Grube bilden und an den Säulen festgenagelt sind. An den Latten ist eine Strohbekleidung von 8 Millimet. Dicke befestigt. G das die Grube ausfüllende Eis; ee 4 Balken von 0,16 Met. in Quadrat und von 3 Met. Länge, welche die Erdschicht über der Erde zurückhalten. l Latten, welche auf den Balken ee liegen und mit einer Strohschicht bedeckt sind; n Erdhaufen von 1 Met. Höhe über der Grube; p quadratische Oeffnung in den Erdhaufen von Bretern, die einen Kasten bildet, den man mit Stroh anfüllt; q Eingang zu der Grube, nach Norden gerichtet; einige Treppenstufen von 1 Met. Breite an dem freien Ende und von nur 0,4 Met. Breite an dem andern Ende, d. h. an der Thür

Digitized by Google

der Eisgrube, vor welchen Strohbündel r gestellt sind; s mit Stroh bekleidete Thür, die den Eintritt zu der Eisgrube bildet.

1997. Eine Eisgrube von den angegebenen Dimensionen kann 40000 Kilogr. oder 80 Ctr. Eis aufnehmen. Man darf nur einmal täglich, und zwar Morgens oder Abends, in die Eisgrube eintreten, und um Eis herauszunehmen, darf man in die Strohbekleidung nur eine Oeffnung machen, um den Arm hindurch zu stecken.

1998. Zur Abkühlung von Flüssigkeiten kann man mit gutem Erfolge die nachstehende Erfindung anwenden: ein mit eisernen Bändern versehenes Faß von 1 Met. Höhe und 2 Met. Durchmesser wird in eine Vertiefung in den Kellerboden eingelassen und mit einer 0,10 Met. starken Lage von festgestampfter Asche umgeben. Das Faß hat einen doppelten Boden, der mit Löchern versehen ist, und der Zwischenraum zwischen den beiden Böden ist mit einer Röhre versehen, welche das von dem schmelzenden Eise herrührende Wasser einem Eimer zuführt, der auf dem Boden einer andern Vertiefung steht, und den man mittelst eines Seils aufzieht, sobald er gefüllt ist. Der Verschluß dieser kleinen Eisgrube wird mittelst eines hölzernen Gefäßes bewirkt, welches nur eine geringe Höhe hat, mit zusammengedrückter Asche angefüllt und mit breiten Rändern versehen ist, die unten einen Ueberzug von grober Leinwand haben; dieser Deckel ist an einem Seil aufgehängt, welches über zwei Rollen geht und in ein Gegengewicht ausläuft. Um die Grube zu füllen, stellt man in die Mitte einen Pfahl, um welchen man das Eis zusammendrückt, und den man dann wieder herauszieht. Es ist diese ganze Einrichtung recht zweckmäßig ausgedacht, jedoch würde es vortheilhafter sein, die Asche durch Häcksel zu ersetzen, die Stärke dieser Substanz um das Faß zu vermehren und auch unter dem Boden Häcksel anzubringen. Ist der Boden des Kellers feucht, so muß man die Grube, welche das Faß aufnimmt, mit einer wasserdichten Ziegelsteinmauerung versehen, in welche alsdann der Häcksel eingeschüttet wird.

1999. Nach der Meinung des Verfassers lassen sich nur wenige Veränderungen bei den Eisgruben anbringen, denn bei den bekannten Vorsichtsmaßregeln erhält man die gewünschte Wirkung. Nur ist es von Wichtigkeit, sie so groß als möglich zu machen, denn die Eismenge, die jährlich in Folge der Transmission der Wärme durch den Boden schmilzt, nimmt im Verhältniß der innern Oberfläche der Grube zu, und wie wir schon gesagt haben, steigen diese Oberflächen in einem weit kleinern Verhältniß als die Massen. Es ist auch weit wichtiger, als man denken könnte, die Eisgruben gegen die Berührung mit feuchter Erde zu sichern und selbst gegen die, welche das Wasser aufnehmen; denn die feuchte Erde ist ein weit besserer Wärmeleiter als die trockene.

2000. Auf der Insel Bourbon sind die Eisgruben in freier Luft angebracht, und enthalten gewöhnlich 200000 Kilogr. oder 4000 Ctr. Eis. Das Eis ist von einer Gerberloheschicht von 3 Fuß Dicke umgeben; eine zweite Umgebung, die von der ersten durch einen leeren Raum getrennt ist, besteht ebenfalls aus Lohe, ist aber nur 1 Fuß dick. Das Eis wird in großen Stücken eingebracht, und die Zwischenräume werden mit Lohe ausgefüllt. Der Verlust beträgt in drei Monaten 0,25 Kilogr.

2001. Der Transport des Eises sowohl in Westindien, als auch in den südlichen Provinzen der amerikanischen Freistaaten bildet einen sehr wichtigen Handelszweig. Die mit Eis beladenen Schiffe gehen hauptsächlich

Digitized by Google

von Boston ab. Nachdem das Eis von den Seen und Flüssen weggenommen ist, wird es mittelst einer Maschine in Blöcken von 2 Quadratfuß Oberfläche und von 12 bis 18 Zoll Dicke, je nach der Stärke des Frostes zerschnitten und dann ladet man es in die untersten Räume der Schiffe. Um das Eis bis nach Westindien zu verfahren, welche Reise 10 bis 14 Tage dauert, wendet man nur wenige Vorsichtsmaßregeln an. Der Boden des Schiffsraumes und seine Wände erhalten eine 4 Zoll starke Loheschicht, worauf das Eis kommt und mit einer dicken Heuschicht bedeckt wird, darauf verschließt man die Luken luftdicht und eröffnet sie erst wieder im Augenblicke des Ausladens.

Bei dem Eistransport nach Ostindien, Calcutta oder Madras muß man andere Mittel anwenden, um es auf einer Reise von gewöhnlich 5 bis 6 Monaten zu erhalten. Der Eisbehälter wird von allen Seiten isolirt und dehnt sich von der hintern Luke auf eine Länge von 50 Fuß aus. Er ist auf folgende Weise eingerichtet: auf dem Boden des Schiffsraumes bringt man einen Bretterboden von 1 Zoll Dicke an, und darüber breitet man eine Lohelage, diese Schicht wird mit einem andern Bretterboden bedeckt, und auf dieselbe Weise richtet man auch die übrigen Wände des Behälters her, indem dieselben von den Schiffsplatten gänzlich isolirt sein müssen. Auf gleiche Weise isolirt man die Pumpe und den großen Mast. Die Eisstücke werden neben und unter einander so dicht als möglich aufgesetzt um die möglichst geringsten Zwischenräume zu erhalten und eine möglichst feste Masse von etwa 180 Tonnen zu bilden. Man bedeckt diese Masse mit einer etwa 1 Fuß dicken Heuschicht, die man möglichst stark zusammendrückt und das Ganze wird gegen den Luftzutritt durch einen Bretterboden gesichert. Zwischen diese Decke und das Verdeck wird Lohe gestampft. Eine Art Schwimmer, dessen Stange durch eine mit Graden versehene Röhre geht, liegt auf der Oberfläche des Eises und giebt die Senkung an, die dasselbe durch Schmelzung erleidet. Auf der Fahrt von Boston nach Calcutta betrug der Verlust auf 180 Tonnen 55 Tonnen.

Digitized by Google

Fünfzehntes Buch.

Die Erwärmung und Lüftung der Wohnungen.

2002. Wir beschäftigen uns in diesem Buche mit der Erwärmung und Lüftung der Wohnungen; allein ehe wir specieller in diese Frage eingehen, müssen wir möglichst genau die allgemeinen Grundsätze, die stets als Leiter dienen müssen, kennen lernen.

Erstes Capitel.

Allgemeine Betrachtungen.

2003. Der Mensch verdirbt die umgebende Luft durch das Athmen und durch die Transpiration und unter gewissen Umständen durch mephitische Emanationen, welche sich direct durch die Luft fortzupflanzen scheinen. Um die Bedingungen der Lüftung kennen zu lernen, muß man das Luftvolum kennen, welches in der Stunde und für jedes Individuum in seinen verschlossenen Raum eingeführt werden muß, wenn derselbe gesund bleiben soll. Ebenso muß man auch das Luftvolum für die verschiedenen Beleuchtungsapparate und ihren Einfluß auf die Veränderung der Luft in dem Raume, in welchem sie brennen, kennen. Der Mensch erzeugt durch das Athmen stets Wärme, und diese Menge muß bestimmt werden, damit dieselbe bei der Bestimmung der zu liefernden Luft in Rechnung gebracht werden kann. Alle die in dieser Beziehung durch die Erfahrung erkannten nöthigen Elemente sind in dem ersten Bande dieses Werkes zusammengestellt. Endlich muß man auch die Vortheile und Nachtheile der verschiedenen Arten der Heizung und Lüftung oder Ventilirung untersuchen, um für jeden besondern Fall den zweckmäßigsten auswählen zu können.

Luftvolumina, die zum Athmen und für die Beleuchtungsapparate erforderlich sind.

2004. Die Luft besteht dem Volum nach aus 0,21 und 0,79 Stickstoff; sie enthält außerdem eine sehr geringe Kohlensäuremenge, die 4 bis

Digitized by Google

6zehntausend-Theile beträgt und eine gewisse Wasserdampfmenge, die in sehr ausgedehnten Grenzen, je nach den atmosphärischen Verhältnissen, schwankt.

Nach Herrn Dumas ist die Anzahl der Athmungen in der Minute 16 bis 17, eine jede beträgt 0,000315 Kubikmeter oder fast $^1/_3$ Litre, das Volum der in der Stunde ausgeathmeten Luft beträgt alsdann 0,33 Kubikmeter, und diese Luft enthält 0,04 Kohlensäure. Wenn demnach der Athmungsproceß die einzige Ursache der Luftverderbniß und die ausgeathmete Luft nicht mit eingeathmeter vermischt wäre, so würde es hinreichend sein, einem jeden Individuum $^1/_3$ Kubikmeter Luft in der Stunde zu geben.

2005. Der Mensch wirkt jedoch durch seine Organisation noch auf andere Weise zum Verderben der umgebenden Luft bei: nämlich durch die Transpiration der Lungen und der Haut. Die Dünste, die er entwickelt, lösen sich in der Luft auf, und da sie stets von organischen Stoffen begleitet sind, so theilen sie ihr einen schlechten Geruch mit, und diese Stoffe sind ohne allen Zweifel die stärkste Ursache zu den ungesunden Verhältnissen der Wohnungen. In gewissen Fällen, in denen die Luft in den Zimmern, die eine große Anzahl von Menschen enthalten, unangenehm auf das Athmen einwirkt, enthält sie nicht so viel Kohlensäure mehr, so daß sich daraus die Wirkung, welche diese und die reine Luft hervorbringt, erklären ließe. Es ist daher zweckmäßiger für die Luftmenge, die ein Mensch in der Stunde erhalten soll, das Volum anzunehmen, welches zur Auflösung des bei der Athmung erfolgenden Wasserdampfes erforderlich ist. Man hat viele Versuche zur Bestimmung des Wasserdampfes von der Transpiration der Haut und der Lungen angestellt, jedoch sind die beobachteten Zahlen in sehr ausgedehnten Grenzen verschieden, nämlich 47 bis 77 Grammen, wovon die Mitteljahl 61 Grammen ist. Barral hat bei neueren Versuchen 50 Kilogr. erhalten. Man wird sehr leicht die Verschiedenheit der erlangten Resultate begreifen, wenn man die verschiedenen Umstände, welche auf die Transpiration, selbst im Zustande der Ruhe der Menschen, einwirken, erwägt. Ein Kubikmeter gesättigter Luft bei 3 Grad enthält fast 13 Kilogr. Wasserdampf; wenn die Luft zur Hälfte gesättigt war, so muß das Volum der Ventilirungsluft zwischen $\frac{54}{6,5} = 6,92$ Kubikmeter und $\frac{77}{6,5} =$ 11,84 Kubikmet. begriffen sein. Zwischen diesen Grenzen muß nun die Größe der Ventilation liegen, wenn die Luft der Respiration und der Transpiration, die sich entwickelte, entfernt werden soll, um frischer Luft Platz zu machen, ohne sich mit jener zu vermischen. Es würde dies der Fall sein, wenn die Luft durch eine große Anzahl von Punkten am Boden einströmte, Verhältnisse, die in gewissen Fällen, z. B. in großen Theatern, ausgeführt werden können.

2006. Wenn aber die Erwärmung des Zimmers durch die Luft der Ventilirung erfolgt, die durch eine gewisse Anzahl von Punkten an dem Boden oder in einer gewissen Höhe einströmt, so erhebt sich diese Luft gegen die Decke und geht darauf in wesentlich isothermen Schichten bis zu den Ausgangsöffnungen, die in der Nähe des Bodens angebracht sein müssen. Es folgt daraus, daß dieselbe, wenn sie geathmet, schon mit den Gasen und den Dämpfen vermengt ist, welche durch die Respiration und durch die Transpiration seit ihrem Eintritt erzeugt sind; sie ist alsdann nie rein und man muß zu directen Versuchen greifen, um das Verhältniß der für jedes Individuum zu liefernden Luft zu bestimmen. Da nun die

Digitized by Google

Menge der in der Luft vorhandenen Kohlensäure im Verhältniß zu der Ventilation verschieden ist, so könnte man, wenn man die Wirkung kennt, die durch Luft mit verschiedenen Kohlensäuremengen hervorgebracht ist, daraus die untere Grenze der Ventilationsluft ableiten, indem man ein vollständiges Gemisch der reinen und der bereits durch die Respiration veränderten Luft annimmt. Wir wollen zuvörderst die Kohlensäuremenge bestimmen, die sich in der Luft von 7 und 11 Kilomet. in der Stunde findet. Nach Dumas verbrennt ein Mensch unter gewöhnlichen Verhältnissen durch seine Respiration eine Kohlenstoff- und Wasserstoffmenge, die 10 Grammen Kohlenstoff gleich ist. Indem man die Verbrennung von 1 Gramm Wasserstoff annimmt, so verbrennen, da das Aequivalent des Wasserstoffs im Kohlenstoff 3,33 Grammen ist, 6,66 Grammen Kohlenstoff, welche 1,865 Met. × 0,000666 = 0,024 Kubikmet. Kohlensäure produciren, und eine Ventilirung von 7 und von 11 Kubikmeter in der Stunde erhebt das Verhältniß der Kohlensäure in der Luft auf 0,017 und auf 0,011. Die Erfahrungsresultate sind nun folgende:

2007. In dem Classenzimmer einer Elementarschule, welches 180 Knaben von 7 bis 10 Jahren enthält und durch eine Vorrichtung erwärmt und ventilirt wird, die wir weiter unten beschreiben wollen, hat der Verfasser stets gefunden, daß bei einer Ventilirung von 6 Kubikmet. auf den Schüler und in der Stunde ein geringer Geruch in den Zimmer sei. Leblanc hat diese Versuche wiederholt, indem er die Ventilirung unter verschiedenen Umständen maß und die Analyse der Luft machte; die erlangten Resultate waren folgende: Da die Ventilirung 6 Kubikmet. auf das Kind und in der Stunde betrug, so war die Menge des in dieser Atmosphäre verschwundenen Sauerstoffs 0,0016; die Menge der Kohlensäure konnte sich daher höchstens auf 0,0022 erheben. Es herrschte kein Geruch in dem Zimmer, das Athmen wurde durchaus nicht behindert und die Temperatur betrug 17 Grad. Wenn das Luftvolum in der Stunde und auf das Individuum auf 4,65 Kubikmet. vermindert wurde, so stieg das Verhältniß der Kohlensäure auf 0,0047; auch dann fand noch kein bemerkbarer Geruch statt. Das Zimmer wurde nun sorgfältig verschlossen und die regelmäßige Ventilirung unterdrückt, worauf nach derselben Anzahl von Stunden wie vorher das Verhältniß der Kohlensäure sich auf 0,0087 erhöht hatte; die Atmosphäre war schwer, der Lehrer beklagte sich über Wärme und wartete mit Ungeduld den Augenblick ab, in welchem die Fenster geöffnet würden. Die innere Temperatur betrug 18 Grad; das äußere Thermometer gab 16 Grad an, die Luft war etwas unruhig.

2008. Die Bestimmungen durch den Geruch sind zu unsicher, um aus diesen Erfahrungen Folgerungen machen zu können. Die in der ältern Deputirtenkammer zu Paris gemachten Erfahrungen scheinen eine große Luftmenge zu erfordern. Der Sitzungssaal wurde, wie wir weiter unten nachweisen werden, durch eine in dem Keller angebrachte Luftheizung erwärmt; die warme Luft strömte durch Oeffnungen unter den amphitheatralisch geordneten Sitzen der Deputirten ein und durch viele Oeffnungen in einer gewissen Höhe rings um den Saal und in der Decke der Tribünen aus. Die Luft vereinigte sich durch mehrere Röhren in der Mauer mit der, die aus den erwähnten Oeffnungen heraustrat, und gelangte in eine weite Esse, in deren Mitte sich ein mit Kokes gefeuerter Heerd befand. Die Ventilirung wurde hauptsächlich mittelst eines senkrechten Re-

Digitized by Google

gisters regulirt, welches in dem Canale angebracht war, der die kalte Luft, zu den Oefen leitete. Der Heizer, ein intelligenter Mann, der den Apparat, welchen er leitete, sehr gut kannte, sagte dem Verfasser, daß er aus Erfahrung die Höhe erkannt habe, bis zu welcher dieses Register unter verschiedenen Verhältnissen aufgezogen werden müßte, wenn nicht ein unangenehmer Geruch in dem Saale herrschen solle; daß derselbe aber etwas unter diesen Grenzen wahrnehmbar werde.

Am Schlusse einer sehr zahlreich besuchten Sitzung, gegen 4 Uhr Nachmittags, wurde ein Versuch gemacht. Das Volum der eingeführten kalten Luft betrug 1,9 Kubikmet. in der Secunde oder 6840 Kubikmet. in der Stunde. Da nun der Saal 1000 bis 1100 Personen enthielt, so betrug die Ventilirung 6 bis 7 Kubikmet. auf die Person und in der Stunde, wenn man nur die durch die Oefen eingeführte Luft berücksichtigen wollte. Da aber auch nothwendig Luft durch die Spalten der Thüren und Fenster und die von Zeit zu Zeit geöffneten Thüren einströmt, so konnte man die wirkliche Ventilirungszahl nur durch Messung der Geschwindigkeit der Luft in allen Röhren, die zur Saugesse führen, bestimmen. Es wurde diese Geschwindigkeit in zwei Röhrenarmen gemessen, aber in der dritten ward sie vergessen und es konnte daher die Geschwindigkeit der ausgeströmten Luft nicht genau bestimmt werden. Diese Versuche wurden darauf durch Leblanc wiederholt und haben 4400 Kubikmet. für das Volum der aus den Kellern ausströmenden und 11000 Kubikmet. für das gesammte Volum, welches aus den Essen geströmt, bestimmt. Das Luftvolum für die Person und in der Stunde betrug daher an jenem Tage 18 Kubikmet. und die Luft enthielt 0,0025 Kohlensäure.

2009. Bei diesen Versuchen hatte der Verfasser Gelegenheit, eine sehr eigenthümliche Thatsache zu bestätigen: in den Essen war der Geruch außerordentlich unangenehm, während die Luft im Saal geruchlos und die Essen sehr rein waren Diese Erscheinung läßt sich nur auf zweierlei Weise erklären, indem man annimmt, daß 1) der Geruch der Luft durch die Bewegung vermehrt wird, und 2) die thierischen in der Luft aufgelösten oder suspendirten Stoffe durch ihre verlängerte Berührung eine Gährung erleiden, die deren Beschaffenheit verändert. Wahrscheinlich wirken beide Ursachen dahin, den fraglichen Effect hervorzubringen. Es muß jedoch bemerkt werden, daß Herr Leblanc diesen schlechten Geruch nicht bemerkt hat.

2010. Der genannte Chemiker hat sehr interessante Versuche über den Einfluß einer sehr bedeutenden Kohlensäuremenge in der Atmosphäre, die von einem großen Hunde, einem Meerschweinchen, einem Grünfinken und einem Frosch eingeathmet wurden, erhalten. Diese Thiere waren in einem genau verschlossenen Raum befindlich, welcher mit einem Fenster versehen war, durch welches man Alles beobachten konnte, was sich in dem Zimmer ereignete. Eine bleierne Röhre, die am obern Theile des Zimmers angebracht war, ließ fortwährend reine Kohlensäure, die durch einen Selterwasserapparat erzeugt worden war, ausströmen. Nach Verlauf von 7 Minuten war der Hund sichtlich unwohl; nach 15 Minuten litt er viel. Man hatte in diesem Augenblick 10 Kilogr. Schwefelsäure verbraucht; nach Verlauf von 25 Minuten erlosch die Lichtflamme. Endlich, nachdem die Kohlensäure dreiviertel Stunde entwickelt worden war, verfielen der Vogel und der Hund in eine Agonie und der Frosch war sehr aufgeschwollen; das Ver-

Digitized by Google

hältniß der Kohlensäure betrug alsdann 30,4 Procent. Eine positive Folgerung kann man aus diesen Versuchen nicht machen, weil es nicht wahrscheinlich ist, daß ungeachtet aller Vorsichtsmaßregeln gegen das Ausströmen der Kohlensäure wider den oberen Theil des Zimmers und mittelst sehr kleiner Strahlen das Gasgemenge sehr genau bestimmt werden konnte. Auch wurde die Zusammensetzung der Luft zu den verschiedenen angegebenen Zeitpunkten nicht beobachtet.

2011. Andere von Herrn Leblanc angestellte Versuche haben den Zweck gehabt, die zum Erlöschen des Lichts erforderliche Kohlensäuremenge zu bestimmen. Verschiedene mit der Luft angestellte Versuche, die aus Ballons genommen worden war, in welchen die Verbrennung aufgehört hatte, haben 4 und 4,5 Procent Kohlensäure dem Volum nach gegeben; eine in diese Atmosphäre gebrachte Kerze erlosch plötzlich. Das halbe Kohlensäureverhältniß in der Luft, von der Respiration herrührend, bildete ebenfalls eine Atmosphäre, in welcher das Licht erlosch. Nach diesen letztern Versuchen erlöscht eine Kerze in einer Atmosphäre, die nur 0,17 oder 0,165 Sauerstoff enthält, wie die aus den Lungen ausgeathmete.

Die Lichtflamme dauert noch einige Zeit nach dem Erlöschen des Dochtes fort; dasselbe zeigt sich bei den Grubenlampen mit Dochtdille. Die Lampen mit doppeltem Luftzug und selbst die Grubenlampen ohne Dille können noch brennen, wenn die anderen Beleuchtungsmittel erloschen sind. Wenn die Luft 4 bis 5 Procent Kohlensäure enthält und eine Kerzenflamme nicht mehr brennt, so wird die Respiration schwierig, die Arbeit ist aber noch thunlich, vorausgesetzt, daß die Temperatur nicht sehr hoch ist. Wenn aber die Atmosphäre 10 Procent Kohlensäure enthält, so wird sie irrespirabel, und der Mensch, der sich ihr aussetzt, würde sofort den Erstickungstod erleiden. Herr Leblanc sagt in seiner Arbeit über die Zusammensetzung der Luft, daß er in einer Steinkohlengrube in eine Spalte gestiegen sei, die nur 1 Met. über der Streckensörste war, um eine mit Quecksilber angefüllte Flasche zu entleeren, dort aber wo die Luft 10 Procent Kohlensäure enthielt, nach ein oder zwei Minuten, ohne vorher etwas gefühlt zu haben, von einer Ohnmacht befallen wurde. Der ihn begleitende Steiger, ein sehr kräftiger Mann, wurde nach derselben Zeit von einem Schwindel und von Uebelkeit befallen, die auch noch einige Augenblicke anhielten, als er in reine Luft zurückkam. Die Verminderung des Sauerstoffverhältnisses durch Zunahme des Stickstoffs bringt dieselbe Wirkung hervor, die das Vorhandensein der Kohlensäure veranlaßt. Es folgt daraus, daß die Kohlensäure, welche in die Luft durch die Respiration und durch die Verbrennung gelangt, nur dadurch wirkt, daß sie das Verhältniß des freien Sauerstoffs verhindert, nicht aber durch directe Wirkung auf unsere Organe.

2012. Nach den in der Conciergerie (ein pariser Criminalgefängniß) von den Herren Boussingault, Leblanc und dem Verfasser angestellten Versuchen, die weiter unten näher angegeben werden sollen, muß die Luftmenge in der Zelle eines Gefangenen auf 10 Kubikmet. in der Stunde gebracht werden; in der Zelle aber, in welcher der Versuch vorgenommen wurde, befand sich ein Nachtstuhl, und es war dies ein besonderer Grund der Luftverderbniß.

2013. Endlich hat man gefunden, daß in den Hospitälern die Säle mit den Verwundeten nicht anders von dem schlechten Geruch befreit werden

Digitized by Google

konnten, als wenn die Ventilation 100 Kubikmet auf das Individuum und in der Stunde betrug.

2014. Es folgt aus alle Diesem: 1) Daß eine Ventilation von 6 Kubikmet. auf das Individuum und in der Stunde eine Grenze ist, unter welche man nicht hinabgehen darf, wenn die Ventilirungsluft mit der in dem Zimmer vermengt und keine besondere Ursache der Luftverunreinigung vorhanden ist. 2) Daß wenn die Ventilirung von unten nach oben mittelst aller Punkte des Bodens oder durch einander sehr nahe liegende Oeffnungen erfolgt, eine Ventilirung von 7 bis 10 Kubikmet. Luft auf die Person und in der Stunde für jede hinlänglich reine Luft liefert. 3) Daß in allen Fällen besondere Ursachen der Luftverderbniß vorhanden sind, und daß alsdann die Erfahrung allein die Luftmenge angeben kann. 4) Daß die in dem bezeichneten Raume durch die Respiration verbreitete Kohlensäure nicht direct auf unsere Lungen, sondern nur durch Verminderung des Sauerstoffverhältnisses einwirkt. 5) Daß die Kohlensäuremenge, die man in der Luft durch die Analyse findet, in dem Maße abnimmt, als die Ventilirung zunimmt, daß sie aber durchaus nicht in einem genauen Verhältniß steht, wie dies unter gleichen Umständen der Fall sein müßte; es rührt dies aber nur daher, daß sich die Ventilirungsluft nicht immer gleichförmig in dem Zimmer verbreitet.

In allen Fällen sind, unabhängig von der gesammten Menge der Ventilirung, noch zwei unerläßliche Bedingungen zu erfüllen. Die erste besteht darin, die Ventilirung nach der ganzen Ausdehnung des Raumes gleichförmig zu vertheilen, denn man darf offenbar nicht annehmen, daß in Beziehung auf die Luftverbesserung die überschüssige Luftmenge, die gewisse Personen erhalten, die unzureichende Menge, welche anderen Personen zugeführt wird, ausgleichen können. Die zweite Bedingung besteht darin, zu der Ventilirung nur reine Luft zu nehmen. In England hat man die Ventilirungsluft dadurch zu reinigen gesucht, daß man sie durch eine aus großen Kokesstücken zusammengesetzte Wand, auf welche von oben sehr viel kleine Wasserstrahlen fallen, strömen läßt; nach einiger Zeit findet man auf dem Boden des Behälters, der das durch die Kokes fließende Wasser aufnimmt, einen sehr feinen und sehr schlecht riechenden Niederschlag.

2015. Einfluß der Beleuchtungsapparate. — Die bewohnten Räume werden auch noch durch die Beleuchtungsapparate verunreinigt. Um den Einfluß wahrzunehmen, wollen wir die Materialmengen angeben, die in der Stunde von den gewöhnlichsten Beleuchtungsmitteln verzehrt werden:

Stearinkerzen, 6 Stück auf das Pfund.,	Wachskerzen,	Lampe mit starker Flamme.
11 Gramm.	11 Gramm.	42 Gramm.

Die Flamme einer Wachskerze verlöscht, wenn die Luft 4 Procent Kohlensäure enthält, und es ist daher sehr wahrscheinlich, daß die Verbrennung gleiche Einflüsse ausüben muß, wie die Respiration, und daß man daher wenigstens auf eine Ventilation von 6 Kubikmet. auf die Kerze und die Stunde rechnen muß, so wie auf 24 Kubikmet. bei einer Lampe mit starker Flamme, so daß die Verbrennung stets unter guten Bedingungen stattfinden kann.

2016. Einfluß der Größe der Räume. — Wenn die Zimmer sehr hoch sind, so kann die in ihnen enthaltene Luft eine gewisse Zeit lang zu

Digitized by Google

der Respiration ausreichen; mit Ausnahme der Kirchen ist es aber selten, daß die Luft hinreichend sei, sobald ein Raum viel Menschen umschließt und dieselben sich lange darin aufhalten. Es ist sehr zweckmäßig, diese Luftmenge zu berechnen und den Zeitpunkt zu bestimmen, zu welchem die Ventilation beginnen muß. Diese Luft wird stets zweckmäßig angewendet, wenn diejenige, welche zur Respiration gedient hat oder die, welche mit dem Körper in Berührung gestanden hat, eine höhere Temperatur als 30° hat und daher emporzusteigen sucht; es entstehen alsdann doppelte Strömungen, welche nach und nach den untern Theil des Bodens einnehmen. Der Saal der ältern Deputirtenkammer zu Paris hatte eine Räumlichkeit von mehr als 4000 Kubikmet. und dennoch reichte die darin befindliche Luft, sobald der Saal gefüllt war, kaum eine halbe Stunde aus.

2017. Hygrometrische Beschaffenheit der Luft. — Diese übt einen großen Einfluß auf die Transpiration der Lungen und der Haut aus; wirklich steht der Wasserdampfverlust durch den Athmungsproceß im Verhältnisse zu dem Unterschiede zwischen der Spannung des Dampfes bei 38 Grad und der Temperatur der äußern Luft. Auch der Dampfverlust durch die Ausdünstung der Luft steht wesentlich im Verhältniß zu diesem Unterschiede, indem man wenigstens annimmt, daß die mit der Luft in Berührung stehende Haut deren Temperatur annimmt und dieselbe bis zur Sättigung behält. Man begreift alsdann, daß in dem Maße, als die hygrometrische Beschaffenheit der Luft gesteigert wird, diese beiden Transpirationen sich vermindern und das Entgegengesetzte stattfindet, wenn ihr hygrometrischer Zustand sinkt. Diese Veränderungen in der Transpiration müssen nothwendige Störungen in den organischen Funktionen veranlassen. Eine zu trockene Luft, die nur eine Folge bedeutender Wärmegrade ist, verursacht häufig heftige Kopfschmerzen. Es muß daher die Luft weder zu trocken noch zu feucht sein. Im Allgemeinen nimmt man an, daß sie zur Hälfte gesättigt ist, und bei 15 Grad hält jeder Kubikmet. fast 6,5 Grammen Wasserdampf. Es müssen daher die erwärmten oder erheizten Zimmer stets so viel Feuchtigkeit enthalten, daß die erforderliche Dampfmenge erzielt wird.

2018. Erstickende Atmosphärlen. — Herr Leblanc hat sehr interessante Versuche über die Wirkungen angestellt, welche durch die Verbrennung von Kohlen, womit ein verschlossener Raum direct erhitzt wird, hervorgebracht werden. Es wurde in demselben ein großer Hund eingeschlossen; man brachte in den Ofen einige glühende Kohlen und warf Kohlenlösche darüber, worauf die Thür verschlossen wurde. Nach Verlauf von 5 bis 6 Minuten durchdrang die Flamme das Brennmaterial und es zeigte sich sofort die Unbehaglichkeit des Thieres; 10 Minuten später fiel es erschöpft nieder, und endlich nach 25 Minuten war es todt. In diesem Augenblick brannte die Kerze noch mit demselben Glanze, 10 Minuten nach dem Tode des Thieres erlosch das Licht, nachdem es vorher immer bleicher geworden war. Jetzt wurde der Ballon zur Analyse gefüllt und es ergab diese: Sauerstoff 19,18; Stickstoff 76,62; Kohlensäure 4,61; Kohlenoxyd 0,54; Kohlenwasserstoff 0,04. Herr Leblanc nimmt an, daß die veranlaßten Wirkungen von dem Vorhandensein des Kohlenoxyds herrühren, denn die Kohlensäuremenge war weit geringer als die, welche ein Hund von gleicher Größe bei einem Versuch ertragen hatte, den wir weiter oben (§. 2010) angeführt haben, und nach directen Versuchen

Digitized by Google

muß bei 4 bis 5 Procent Kohlensäuregehalt der Luft ein Sperling sofort sterben; 1 Procent von diesem Gase veranlaßt den Tod eines Vogels nach Verlauf von 2 Minuten. Es muß hinzugefügt werden, daß, wenn durch die Leitungsröhren, welche in den Eisenhütten die Hohofengase ableiten, die hauptsächlich aus Stickstoff und Kohlenoxyd bestehen, die durch Undichtigkeit der Röhren entweichenden Gasstrahlen von den Arbeitern eingeathmet werden, dieselben ohnmächtig werden, jedoch sehr bald wieder zu sich kommen, wenn man sie unmittelbar in reine Luft bringt und die Einwirkung des Kohlenoxydes nicht fortdauern kann. Die Erstickungen durch Kohlensäure und Kohlenoxyd haben sehr verschiedenartige Kennzeichen, so daß man sie leicht unterscheiden kann; die Erstickung durch Kohlensäure oder vielmehr durch die Verminderung des Sauerstoffverhältnisses erfolgt langsam und ist von Convulsionen begleitet, während das Kohlenoxyd plötzlich wirkt und den Tod augenblicklich herbeiführt.

Die von der Respiration erzeugte Wärme.

2019. Bei dem Athmungsproceß entsteht eine wirkliche Verbrennung, und diese Verbrennung entwickelt dieselbe Wärmemenge, welche ein Ofen durch die Verbrennung derselben Kohlenstoffmenge hervorbringen muß; es ist dies durch die Versuche mehrerer berühmter Physiker bewiesen worden. Die Mengen von Kohlenstoff und Wasserstoff, die in der Stunde bei dem Athmungsproceß verbrannt werden, sind, wie schon bemerkt wurde, 10 Kilogr. Kohlenstoff gleich, und folglich beträgt die in derselben Zeit entwickelte Wärme $0{,}0010 \times 8000 = 80$ Einheiten.

2020. Diese Wärme erhält der menschliche Körper bis zu 38 Grad und dieselbe gleicht diejenige aus, die der menschliche Körper den umgebenden Körpern durch Ausstrahlung und Berührung mittheilt. Ein großer Theil dieser Wärme aber wird zur Dampfbildung verwendet, welche die Ausdünstung der Haut und die in der Luft befindliche, welche aus den Lungen hervorkommt, producirt. Da sich nun dieser Dampf mit verdichtet und durch die Ventilirungsluft mit weggerissen wird, so wird die Wärme, die er umschließt, durchaus nicht benutzt, und muß von der Gesammtmenge abgezogen werden. Nimmt man nun als Durchschnittszahl für die erzeugten Wasserdämpfe 61 Grammen an, so würde sich die Verdunstungswärme auf $618 \times 0{,}061 = 37{,}7$ und die zur Erwärmung der Luft angewendete Wärmemenge würde $88 - 37{,}7 = 42{,}3$ sein. Es ist die Bemerkung von Wichtigkeit, daß diese Wärmemenge 9 Kubikmet. Luft von 0^0, auf 15^0 erwärmen konnte. So würde diese daher in sehr vielen Fällen die Ventilirungsluft erwärmen, um so mehr, da man der Wärme, die wir berechnet haben, diejenige hinzurechnen müßte, welche durch die Abkühlung des Dampfes auf 28 Grad entwickelt ist und $23 \times 0{,}47 = 10{,}81$ beträgt.

2021. Nach angestellten Versuchen und Erfahrungen beträgt die von einem erwachsenen und gesunden Mann bei dem Athmungsproceß verbrannte Kohlenstoffmenge 11,3 Grammen, und die von einer erwachsenen Frau verbrannte 6,4 Grammen. Es sind diese Angaben etwa um $^1/_{10}$ höher, als die weiter oben mitgetheilten.

2022. Es folgt aus dem Gesagten, daß die Ventilirung in bewohnten Räumen unerläßlich ist, indem die Luft stets durch das Athmen und durch die Ausdünstung der Haut verändert und außerdem in sehr vielen

Digitized by Google

Fällen durch andere Ursachen verschlechtert wird. Die Ventilirung wird zuweilen auf natürliche Weise, am häufigsten aber durch die Wärme oder eine mechanische Wirkung hervorgebracht. Wir wollen nun zuvörderst diese drei Arten der Ventilirung im Allgemeinen beobachten.

Die natürliche Ventilirung.

2023. Wenn die atmosphärische und die Luft in unseren Wohnungen genau dieselbe Temperatur hätten, so würde die Luft überall unbeweglich sein, wenigstens wenn man die Winde unberücksichtigt läßt; jedoch suchen die täglichen Temperaturveränderungen Störungen hervorzubringen, welche bald nach der einen, bald nach der andern Richtung gehen. Wir wollen einen Raum annehmen, der mit einer mehr oder weniger hohen Esse versehen ist, und in welchen die Luft durch die Thüren und Spalten der Fenster leicht eindringen kann. Das Zimmer und die Esse könnten als ein aus zwei Armen, einem horizontalen und einem vertikalen, bestehender Canal angesehen werden, der an den beiden Enden offen ist. Nach dem, was wir vorher gesagt haben, muß die Luft, wenn sie in dem Canal eine höhere Temperatur als die äußere hat, durch die höchste Oeffnung ausströmen, während sie im entgegengesetzten Falle durch die untere Oeffnung entweichen wird. Im Allgemeinen ist im Sommer und im Frühling die Temperatur der Zimmer am Tage niedriger als die der Luft, des Nachts aber höher. Es wird daher am Tage die atmosphärische Luft durch den höchsten Punkt einströmen, um durch den niedrigsten wieder auszuströmen, und das Entgegengesetzte wird während der Nacht stattfinden. Im Winter wird, da die Temperatur der Zimmer eine weit höhere ist, als die der atmosphärischen Luft, jene stets aus der obern Oeffnung ausströmen.

2024. Es ist leicht, sich Rechenschaft von dem zu geben, was in einem senkrechten Canal, der in dem Boden vertieft wäre und mit dem Tage nur durch die obere Oeffnung in Verbindung stände, sich ereignen würde. Da im Winter die Luft des Schachtes wärmer ist, als die an der Oberfläche, so müßten nothwendig zwei Strömungen entstehen, welche die Luft mehr oder weniger schnell erneuern würden. Im Sommer aber, wenn die Luft im Allgemeinen wärmer, als die auf der Schachtsohle ist, würden die Ströme nicht existiren.

2025. Wir wollen jetzt sehen, was sich in einem langen, in dem Boden befindlichen Canal, dessen beide Enden sich am Tage öffnen — in einem Eisenbahntunnel — vor sich geht.

Bekanntlich ist in einer nur geringen Tiefe die Temperatur constant und nimmt an den jährlichen und täglichen Temperaturveränderungen des Bodens nicht Theil. In größeren Tiefen bleibt die Temperatur in jeder Gebirgsschicht veränderlich, steigt aber mit 25 bis 30 Met. Tiefe fast um einen Grad; die Temperatur der ersten Schicht von constanter Temperatur ist gleich der mittleren der Erdoberfläche. Es folgt daraus, daß die Wände der großen unterirdischen Räume im Allgemeinen im Winter wärmer sind, als auf der Erdoberfläche, und daß in denen, welche keine große Tiefe habe, die Temperatur in den mittleren Jahreszeiten und selbst am Tage und in der Nacht wechseln kann. Es ist demnach leicht zu sehen, daß, wenn der Canal, um den es sich handelt, in einer großen Tiefe liegt, die Temperatur seiner Wände, die im Winter höher und im Sommer niedriger als die der atmosphärischen Luft ist, im Sommer durch die höchste Oeff-

Digitized by Google

nung in den Canal einströmen wird, um durch die niedrigste wieder auszuströmen, während das Entgegengesetzte im Winter stattfinden muß.

Befinden sich die beiden Oeffnungen in gleicher Ebene, so wird zwar ein Gleichgewicht stattfinden, jedoch wird dasselbe nur in dem Fall ein bleibendes sein, wenn die Luft im Canal kälter ist, als die atmosphärische. Im entgegengesetzten Falle wird das Gleichgewicht unterbrochen und die Bewegung wird in derselben Richtung fortdauern. Wir wollen zuvörderst annehmen, daß die Luft im Canal höher als die äußere sei; sobald nun die Bewegung begonnen hat, wird derjenige Theil des Canals, in welchen die atmosphärische Luft eingedrungen ist, eine geringere aufsteigende Kraft haben, als der andere, und die Bewegung wird fortdauern, obgleich die Luft auf ihrem Wege nach und nach die Temperatur der Umgebung annimmt. Wenn aber die Luft des unterirdischen Canals eine niedrigere Temperatur hat, so ist es offenbar, daß, wenn die äußere Luft in einen von den Armen des Canals eindränge, der ursprüngliche Zustand sich wieder herstellen würde, nachdem mehrere schwankende Bewegungen stattgefunden haben würden.

2026. Wenn der unterirdische Canal, statt die Form eines umgekehrten Hebers zu haben, nach einer entgegengesetzten Richtung angeordnet wäre, d. h. wenn der horizontale, die beiden senkrechten Arme verbindende Canal höher wäre, als die beiden mit der Luft durch zwei kurze horizontale Canäle in Verbindung stehenden Enden (eine Vorrichtung, die man nur in Gebirgen ausführen kann), so ist es ganz klar, daß in allen Fällen das Gegentheil von dem stattfinden würde, was einem Canal von Heberform zugeschrieben worden ist. Wenn demnach die Luft im Canal kälter wäre als die äußere, so würde sie durch die unterste Oeffnung ausströmen, wenn sie aber wärmer wäre, so würde das Ausströmen durch die höhere Oeffnung erfolgen. Befänden sich also die beiden Oeffnungen in gleicher Höhe, so würde das Gleichgewicht nur dann ein bleibendes sein, wenn die Luft im Canal wärmer wäre, als die atmosphärische.

2027. In den beiden verschiedenen Formen des Canals und wenn sich die beiden Oeffnungen nicht in gleicher Höhe befinden, könnte man die Ausströmungsgeschwindigkeit durch das Calcul bestimmen, sobald man die Temperatur der Luft der verschiedenen Strömungen kennt. Diese Temperaturen lassen sich aber aus der atmosphärischen Luft und aus den verschiedenen Punkten der Wände nicht ableiten, weil die den Canal durchströmende Luft die Temperatur nicht augenblicklich annimmt und weil der Unterschied mit dem Querschnitt und mit der größern oder geringern Leitungsfähigkeit der Gebirge verschieden ist.

Aus einem noch weit stärkeren Grunde würde es unmöglich sein, die Dimensionen eines Canals zu berechnen, die für einen gegebenen Zustand der Luft und für ebenfalls gegebene Temperaturen der verschiedenen Gebirgsschichten eine bestimmte Wirkung hervorbringen müßte.

Ventilirung durch die Wärme.

2028. Die Ventilirung durch die Wärme kann auf zweierlei Weise hervorgebracht werden: 1) Indem man die ausströmende Luft erwärmt. 2) Indem diese Erwärmung vor dem Einströmen der Luft vorgenommen wird.

Digitized by Google

Das erstere Verfahren wird angewendet, wenn die angesaugte Luft nicht zur Erwärmung dienen soll; das zweite dagegen dann, wenn die verdorbene Luft durch erwärmte ersetzt werden muß. In dem ersten Fall bieten sich Umstände dar, in denen die verdorbene Luft unter Anderm bei ihrem Ausströmen eine gewisse Temperaturzunahme haben muß, um mit einer hinreichenden Geschwindigkeit entweichen zu können.

2029. Wenn die vertriebene Luft in der Saugesse erwärmt werden muß, und wenn die Ventilirung gering zu sein braucht, so ist es hinreichend, in der Esse eine Lampe mit doppeltem Luftstrom anzubringen. Soll aber die Ventilirung eine sehr wirksame sein, so wendet man stets Roste an, auf denen Brennmaterial, welches nur wenig kostet, verbrennt. Da die anzusaugende Luft stets nur um wenige Grade, etwa 20 bis 40°, erwärmt zu werden braucht, so nimmt der Rost nur einen kleinen Theil von dem Essenquerschnitt ein, wie Fig. 520 zeigt. So ist B die Esse, D die Feuerthür, die sowohl durch die Ventilationsluft, als auch durch die äußere gespeist werden kann, indem man die Aschenfallthür E öffnet. Diese Einrichtung hat den Nachtheil, die Esse zu verengen; man kann sie aber vermeiden, indem man den Rost außerhalb der Esse anbringt, wie Fig. 521 angiebt. Bei dem einen wie bei dem andern Systeme entsteht eine Wirkung, die Nachtheile bringen könnte, wenn die Esse nicht eine bedeutende Höhe hätte. Da nämlich der warme Luftstrom sich an einer der Wände erhebt, so wird die Temperatur in dem Querschnitt erst in einer gewissen Höhe gleichförmig, und wenn daher die Esse nicht sehr hoch ist, so könnte sich an der entgegengesetzten Seite ein unzureichender Luftstrom herstellen, der den Zug wieder aufheben müßte. Man kann diesen Nachtheil vermeiden, indem man den Rost in der Mitte der Esse anbringt, oder besser noch, indem man die auf einem Seitenherde entwickelte verbrannte Luft in einer runden gußeisernen Röhre, die viele Löcher hat, wodurch die warme Luft sehr gleichmäßig vertheilt wird, einführt. Da die Ausströmungsgeschwindigkeit der Luft durch die Esse stets sehr gering ist, so muß man einen beweglichen Hut darüber anbringen; die Einrichtung der Fig. 521 wird oft angewendet und hat fast niemals zum Zurückströmen der Luft Veranlassung gegeben, selbst nicht bei starken Stürmen. Die Esse muß aus einem sehr starken Mauerwerk bestehen, damit die von dem Mauerwerk eingeschlossene Wärme, ungeachtet der verschiedenen Stärken des Herdes, den Zug regulirt. In allen Fällen, besonders aber bei geringem Brennmaterialverbrauch, würde es vorzuziehen sein, einen ununterbrochen zu speisenden Rost anzuwenden, der es gestatten würde, die Ventilirung während der Nacht ohne Einwirkung des Heizers fortzusetzen, indem man eine Einrichtung anwendet, von der wir schon geredet haben, wodurch man in den Stand gesetzt wird, jeden Augenblick den Brennmaterialverbrauch mittelst eines Registers zu regieren, welches an der Oeffnung, durch welche die Luft unter den Rost strömt, angebracht ist.

2030. Die Umstände, welche auf den Zug der Saugessen einen Einfluß haben, nämlich die Temperatur, bis zu welcher die Luft erwärmt ist, und die äußere Temperatur, wirken auf verschiedene Weise, je nachdem die angesaugte Luft die äußere oder eine constante Temperatur hat; in dem letztern Fall ist die Wirkung verschieden, je nachdem die Luft steigt oder fällt, um in die Saugesse zu gelangen, und je nach der Höhe, in welcher

Digitized by Google

die Luft aufgefangen wird. Da diese verschiedenen Umstände sich bei der Ventilation der bewohnten Orte darbieten, wollen wir sie nach und nach untersuchen.

Esse, welche Luft von der äußern Temperatur ansaugt.

2031. Der vorliegende Fall kommt überall da vor, wo Räume während der Jahreszeiten, in denen nicht gefeuert wird, gelüftet werden sollen. Die Einströmungsgeschwindigkeit wird durch die nachstehende Formel gegeben:

$$v^2 = \frac{2ga}{(1+R)} \cdot \frac{H(t-\theta)}{(1+at)}.$$

In derselben stellt H die Höhe der Esse, t die mittlere Temperatur der sie durchströmenden Luft, θ die Temperatur der äußern Luft, a die Zahl 0,00365, und R die Summe der Widerstände dar, welche die Luft auf ihrem ganzen Wege erleidet, Widerstände, die wir für alle vorkommenden Fälle berechnet haben. Der Factor

$$\frac{2gHa(t-\theta)}{1+at}$$

stellt die theoretische Geschwindigkeit dar, d. h. diejenige, welche die Luft erleiden müßte, wenn sie keinen Widerständen ausgesetzt wäre. Wenn daher der Umfang nicht verschieden ist, und wenn t und θ sich allein verändern, so ist die Zutrittsgeschwindigkeit stets derselbe Bruch von der theoretischen Geschwindigkeit.

2032. Wenn der Umfang oder die Länge der Strömung aus einem geradlinigen Canal von constantem Querschnitt besteht, so rührt der Widerstand nur von der Reibung her, wo alsdann $R = \frac{HL}{D}$ ist; so sieht man, daß die Geschwindigkeit im Wesentlichen in dem umgekehrten Verhältniß der Quadratwurzel von der Länge des Canals verschieden ist.

2033. Man ersieht auch aus der Formel, daß die Geschwindigkeit fast in dem Verhältniß der Quadratwurzel der Höhe der Esse verschieden ist, weil im Allgemeinen die Höhenveränderung keinen sehr großen Einfluß auf den Werth von R hat.

2034. Was nun den Einfluß des Werthes von t betrifft, so kann man ihn aus der Formel nicht ersehen; um zu erkennen, wie v schwankt, wollen wir zuvörderst θ = 0 nach und nach für t annehmen:

2° 4° 6° 8° 10° 12° 14° 16° 18° 20° 25° 30° 35°

und die Werthe der Wurzel von $\frac{at}{(1+at)}$ berechnen; wir finden für diese Werthe:

0,08 0,12 0,14 0,17 0,19 0,20 0,22 0,23 0,25 0,26 0,29 0,31 0,33

und für die Werthe von t:

40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90° 95° 100°

Digitized by Google

Für die Werthe derselben Function von t findet man:

0,36 0,38 0,39 0,40 042 0,43 0,45 0,46 0,47 0,48 0,49 0,50 0,51,

und der höchste Werth dieser Function, wenn t sehr groß ist, reducirt sich auf die Einheit.

Wenn man $\theta = 15^0$, d. h. gleich der mittlern Temperatur des Sommers annimmt und t nach und nach gleich

17^0 19^0 21^0 23^0 25^0 27^0 29^0 31^0 33^0 35^0,

so würde man für die Werthe der Quadratwurzel von $\frac{at}{(1+at)}$ finden:

0,083 0,117 0,142 0,164 0,182 0,199 0,215 0,229 0,242 0,254.

Es bringt daher derselbe Temperaturüberschuß $t - \theta$ im Wesentlichen dieselbe Wirkung für $t - 0^0$ und $\theta - 15^0$ hervor.

2035. Bestimmung der Wirkung einer Esse, die Luft von der äußern Temperatur ansaugt. — Man kann zuvörderst die hervorgebrachte Wirkung direct messen, indem man die mittlere Geschwindigkeit der Luft des Canals vor oder hinter dem Roste beobachtet. Diese Versuche werden mit großer Leichtigkeit mittelst des Anemometers ausgeführt; allein die Geschwindigkeit der Luft darf nicht zu gering sein, sie muß 0,12 Met. übersteigen, indem diese die geringste Angabe des Instrumentes ist; es muß die Röhre, in welcher man das Anemometer anbringt, nicht zu klein sein; endlich muß bei der Berechnung der mittlern Geschwindigkeit §. 417 befolgt werden. Dieses Mittel zur Bestimmung der hervorgebrachten Wirkung ist das beste und sicherste; jedoch wollen wir andere, minder sichere angeben, die man dann benutzen kann, wenn es an einem Anemometer fehlt, oder wenn dasselbe nicht angewendet werden kann.

2036. Man könnte eine annähernde Bestimmung der durch die Esse angesaugten Luftmenge dadurch erlangen, wenn man das Gewicht des in der Stunde verbrannten Brennmaterials und das Verhältniß des reinen Sauerstoffs, welches die Luft der Esse einschließt, kennt. Bezeichnen wir mit v das zur Verbrennung von 1 Kil. Brennmaterial nothwendige Volum, mit V das von der Esse angesaugte Volum, indem man annimmt, daß diese Luft den Rost speist. Das unveränderte Luftvolum, welches 0,21 Sauerstoff enthält, wird $V - v$, und das Sauerstoffverhältniß, welches sich in dem Volum V befindet, wird offenbar $\frac{0{,}21(V-v)}{V}$ sein; daher erhält man:

$$n = \frac{0{,}21\,(V-v)}{V}; \text{ und folglich } V = \frac{0{,}21\,v}{0{,}21 - n}, \quad \ldots \quad (a)$$

Nimmt man nun an, daß der Werth von V nach und nach gleich sei

$5v$; $10v$; $15v$; $20v$; $25v$; $30v$; $35v$; $40v$;

so findet man für die Werthe von n:

0,168; 0,189; 0,196; 0,199; 0,2016; 0,2030; 0,2040; 0,2047.

Könnte man die Wasserstoffmenge, welche das Brennmaterial enthält, unberücksichtigt lassen und die Kohlensäuremenge n', welche die Luft enthält,

Digitized by Google

messen; so würde man unter Festhalten an den obigen Bemerkungen $n' = 0{,}21 - n$ und durch die Werthe von V, welche wir angenommen haben, für die Werthe von n' finden:

0,042; 0,021; 0,014; 0,011; 0,0084; 0,0070; 0,0060; 0,0053.

Demnach sind für die Werthe von V, welche 10 v übersteigen, — was stets der Fall ist, denn sie übersteigen oft hundert v —, die Werthe von n 0,21 sehr nahe und die von n' sehr klein. Dieses Verfahren erfordert, um sichere Resultate zu geben, eine schwierig auszuführende Genauigkeit in den Analysen. Es kann daher nur ausnahmsweise angewendet werden. Es ist hier davon geredet, um nachzuweisen, daß es zur Lösung einer Frage nicht hinreichend ist, ein Verhältniß zwischen den unbekannten und gewissen Daten der Frage zu haben; es muß dieses Verhältniß auch ein solches sein, daß die unvermeidlichen Irrthümer bei der Schätzung der Data keine sehr großen bei dem Werthe der unbekannten geben.

2037. Man könnte in fast allen Fällen einen hinreichend annähernden Werth von der Wirkung einer Saugesse haben, wenn man das Gewicht P des in der Stunde verbrannten Brennmaterials und die Temperaturzunahme $t - \theta$, welche die in die Esse eindringende Luft erhält, kennt. So wird die gesammte in einer Stunde erneuerte Wärmemenge sein $P \times C$, wobei C den Wärmeeffekt des Brennmaterials bezeichnet; das Gewicht der in der Stunde angesaugten Luft wird gegeben durch das Verhältniß:

$$P'(t - \theta) \times 0{,}2377 - P \times C; \text{ daher } P' = \frac{PC}{(t-\theta) \times 0{,}2377}.$$

Dieser Werth von P' würde das Volum der in der Stunde angesaugten Luft und folglich den Werth der Eintrittsgeschwindigkeit in die Esse leicht angeben.

Den Werth von $t' - \theta$ wird man leicht durch das mit Luft gefüllte Differenzialthermometer, welches (563) beschrieben ist, erhalten.

2038. Alle diese Methoden erfordern mehr oder weniger verwickelte Versuche: es würde weit vortheilhafter sein, Instrumente zu haben, die in jedem Augenblick auf einem Zifferblatte oder auf einer Scala die Beschaffenheit der Ventilirung angeben. Man könnte die (418) beschriebene Einrichtung des Anemometers, oder die Apparate mit Tangente oder mit Sinus, welche (421 u. 422) beschrieben wurden, anwenden. Versuche, die zu dem Zweck angestellt worden sind, um die den verschiedenen Angaben des Instrumentes entsprechenden Luftmengen zu messen, würden zur Bestätigung der Genauigkeit des angenommenen Gesetzes und zur Construktion einer Tabelle dienen, welche die angesaugten Luftmengen angiebt. Die geneigten Röhrenmanometer mit Schwimmer (428 u. 429) würden den Vorzug vor allen übrigen verdienen; alle beide könnten benutzt werden, um das Ansaugen am untern Theile der Esse zu bestimmen, indem sie das Innere des Gefäßes mit einer Mauer in Verbindung brächten, welche durch die Dicke der Mauer geht. Da die Ausströmungsgeschwindigkeit der Quadratwurzel des Widerstandes proportional und da die letztere constant ist, so würde man, wenn man ein einziges Mal das Volum der angesaugten Luft bestimmte, die einer gewissen Depression entspricht, leicht eine Tabelle

Digitized by Google

bilden, welche die den verschiedenen Depressionen entsprechenden Luftvolumina leicht angiebt; das Schwimmermanometer ist besonders bei solchen Apparaten anwendbar, bei denen die Ausströmungs- und Widerstandsgeschwindigkeiten sehr gering sind, da das Instrument sehr empfindlich ist. Wollte man die Geschwindigkeit direct messen, so müßte man die (Fig. 423) angegebene Einrichtung anwenden, indem man die beiden Röhren, die eine mit dem Behälter und die andere mit der Glasröhre in Verbindung setzt, wenn man das Manometer mit geneigter Röhre anwendet. Um das Schwimmermanometer zu benutzen, müßte dieses Instrument in einem gläsernen, genau verschlossenen Rahmen angebracht werden; die eine Röhre würde mit dem Rahmen, die andere mit dem Innern des Luftbehälters von dem Apparat in Verbindung gebracht werden. Wenn die parallel mit der Achse der Esse stehende Röhre an dem obern Theil der Esse angebracht wäre, so würde, da der Seitendruck dem äußern Druck gleich sein würde, es hinreichend sein, eines von den beiden Instrumenten anzuwenden und dann die fragliche Röhre mit dem Innern des Luftbehälters in Verbindung zu bringen.

2039. Bestimmung der auf dem Rost einer Esse zu verbrennenden Brennmaterialmenge, die Luft von der äußern Temperatur ansaugt, um damit eine gewisse Wirkung auszuführen. — Wenn man alle Dimensionen des Canales kennen würde, so könnte man den Werth von R berechnen; derselbe stellt die gesammte Summe der Widerstände, welche die Luft beim Durchströmen des Canals erleidet, dar; man würde alsdann die Temperaturzunahme durch die nachstehende Formel bestimmen:

$$v^2 (1 + R) (t + a t) = 2 g H a (t - \theta); \text{ daher } t = \frac{2 g H a \theta + v^2 (1 + R)}{2 g H a - a (1 + R)}.$$

Wenn die Temperaturzunahme und das Gewicht der angesaugten Luft bekannt wären, so würde man leicht das Gewicht des in der Stunde zu verbrennenden Brennmaterials für einen gewissen Werth von θ ableiten können.

2040. Auch der Werth von R könnte aus der Beobachtung der Temperatur, die einem gewissen Brennmaterialverbrauch entspricht, wie schon weiter oben (2037) angegeben worden, abgeleitet werden.

2041. Eine Frage, die sich bei der Ventilirung durch Essen, die Luft von der gewöhnlichen Temperatur ansaugen, darbietet, ist die folgende: Wenn eine Saugesse, die in Wirksamkeit steht, eine Einströmungsgeschwindigkeit von v hervorbringt, während die innere Temperatur t und die äußere θ ist, welches wird die Temperatur t' sein, welche die Luft in der Esse erlangen muß, damit die Eintrittsgeschwindigkeit v', während θ dieselbe bleibt? Man hat:

$$v^2 = \frac{2 g H a (t - \theta)}{(1 + a t) (1 + R)}; \quad v^2 = \frac{2 g H a (t' - \theta)}{(1 + a t) (1 + R)}.$$

Indem man $\frac{v'}{v} = m$ macht, geben die beiden Gleichungen

$$m^2 = \frac{(t' - \theta)}{1 + a t'} \cdot \frac{1 + a t}{(t - \theta)}; \text{ daher } t' = \frac{m^2 (t - \theta) + \theta (1 + a t)}{1 + a t - m^2 a (t - \theta)} \quad \ldots (a)$$

Digitized by Google

Man sieht zuvörderst beim Anblick dieser Formel, daß m eine gewisse Grenze hat, die $1 + a t - m^2 a (t - \theta) = 0$ entspricht und welche giebt

$$m^2 = \frac{a (t - \theta)}{1 + b t} \quad \ldots\ldots \text{(b)},$$

z. B. für $t - 30^0$, $\theta = 15^0$ ist $m = 4{,}50$. Wenn man m nach und nach gleich

2 3 4

annähme, so würde die Gleichung (a) für t' geben

87,1° 191,5° 951,2°

und der Brennmaterialverbrauch, zurückgeführt auf den entsprechenden der ersten Geschwindigkeit, würde sein:

$$\frac{2(87{,}1 - 15)}{30 - 15} = 9{,}6; \quad \frac{3(191{,}5 - 15)}{30 - 15} = 70{,}59; \quad \frac{4(951{,}2 - 15)}{30 - 15} = 265{,}6.$$

Diese Verhältnisse müssen offenbar in dem Maße zunehmen, je mehr θ sich vermindert; für $\theta = 0$ würde die Grenze m 1,40 sein.

2042. Wenn, wie dies zuweilen der Fall ist, die Esse von dem Dache ausgeht, so würde man, da das darunter befindliche Zimmer in einer constanten Temperatur erhalten wird, seine Höhe mit H bezeichnet haben:

$$v^2 = \frac{2g}{1 + R}\left\{\frac{H a (t - \theta)}{1 + a t} + \frac{H a (T - \theta)}{1 + a T}\right\}; \text{ und } v'^2 = \frac{2g}{1 + R}\left\{\frac{H a (t' - \theta)}{1 + a t} + \frac{H' a (T - \theta)}{1 + a T}\right\}$$

Nimmt man wie vorher an, daß $\frac{v'}{v} = m$ und bezeichnet man mit M den constanten Ausdruck der Werthe v und v', so findet man:

$$t' = \frac{H[m^2 (t - \theta) + \theta (1 + a t)]}{(1 + a t)(H + M a - m^2 M a - m^2 a (t - \theta)}$$

nimmt man $\theta = 0$, $T = 15$, $t = 30$, $H = 10$ Met., $H' = 5$ Met., so erhält man

$$t = \frac{300 m^2}{11{,}1104 - m^2 . 0{,}536}.$$

Macht man m nacheinander gleich

2 3 4

so findet man für t'

133,96°; 563,67°; 1897,23°;

Digitized by Google

und für die Verhältnisse der verbrauchten Wärmemengen

14,84; 109,71; 501,92.

2043. Esse, welche die Luft von der äußern Temperatur durch einen Canal ansaugt, in dem der Widerstand unberücksichtigt bleiben kann. — Der Fall, um den es sich hier handelt, ist z. B. der der Saugesse bei den Abtritten der Schulen, Krankenhäuser, Gefängnisse und Kasernen. Da die Summe der Oeffnungen, durch welche Luft in die Gruben tritt, stets sehr groß im Verhältniß zu den Essenquerschnitten ist, so können die Widerstandsverluste auf dem Wege stets unberücksichtigt bleiben; dasselbe ist der Fall bei dem Verlust durch die Reibung in den Essen. Da außerdem in diesem Falle die Temperatur in den Essen sehr gering ist, so kann man den Ausdruck a t in den Mengen des Werthes von v ebenfalls unberücksichtigt lassen; alle Fragen, die sich auf diese Art von Saugessen beziehen, lösen sich demnach auf eine sehr einfache Weise: Bezeichnet man mit A die Menge der in der Secunde erzeugten Wärme, mit x den Temperaturüberschuß, welchen die Luft in der Esse erhält, mit S den Querschnitt derselben, so wird man offenbar haben:

$$S \times v \times 1{,}3 \times 0{,}24\, x = A,$$

oder

$$S^2(0{,}312)^2 \times x^2 \times g\,H\,a\,x = A^2;\ \text{oder}\ 0{,}0067\,S^2 \times H \times x^3 = A^2 \quad (1)$$

und da man zu gleicher Zeit hat

$$v^2 - 2\,g\,H\,a\,x = 0{,}0716\,H\,x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Diese beiden Gleichungen können zur Auflösung aller vorkommenden Fragen dienen.

Wir wollen annehmen, daß man in der Secunde 4 Kubikmet. Luft mit einer Esse von 10 Met. Höhe und 0,50 Met. Querschnitt ansaugen wolle; man wird alsdann haben $v = \frac{2\ \text{Met.}}{0{,}5} = 4$ Met.; die Gleichung (2) wird geben $x = 22{,}34^0$ und die Gleichung (1) wird geben A = 2,89 Centimeter, welches 10404 Wärmeeinheiten in der Stunde oder 1,25 Kil. Steinkohlen entspricht. Machte man den Steinkohlenverbrauch constant, und wäre der Querschnitt der Esse zwei- oder dreimal größer, so würde die Gleichung (1) die Werthe von x zu $14{,}07^0$ und $9{,}29^0$ angeben; die aus der Gleichung (1) abgeleiteten entsprechenden Geschwindigkeiten würden 3,7 und 3,52 Met. sein; die in der Secunde ausgeströmten Luftvolumina würden sein 3,17 und 3,85 Kubikmet. Wenn man dagegen die Querschnitte zwei- oder dreimal kleiner machte, so würde die Gleichung (1) für die Werthe von x $35{,}29^0$ und $46{,}46^0$ angeben; die entsprechenden Geschwindigkeiten würden sein 5,026 Met. und 5,76 Met.; die ausgeströmten Luftmengen würden sein 1,25 und 0,95 Kubikmet. Man sieht hieraus, daß es vortheilhaft ist, den Querschnitt der Esse zu vergrößern; jedoch muß dieser Querschnitt im Verhältniß zur Höhe sehr klein sein, damit sich die erzeugte Wärme gleichförmig vertheilt. Dennoch ist in dem vorliegenden Falle keine so große Höhe nothwendig, als wenn das Ansaugen viele Hindernisse zu überwinden hat, weil nicht zu fürchten ist, daß sich in der Esse ein äußerer Luftstrom in entgegengesetzter Wir-

Digitized by Google

kung von dem warmen Luftstrome bildet. Es würde nicht zweckmäßig sein, dem Luftstrome eine geringere Geschwindigkeit als zwei Meter zu geben, weil man sonst befürchten müßte, daß das Ansaugen zu sehr von den Winden beeinflußt würde. Es ist auch stets zweckmäßig, die obere Essenöffnung mit einem von den (549 ff.) beschriebenen Apparaten zu versehen, wobei diejenigen den Vorzug verdienen, welche den Zug zum Nutzen des Zuges verwenden.

Zur Feuerung des Rostes der Essen kann man alle Arten von Brennmaterialien benutzen; Torf und Lohkuchen sind sehr zweckmäßig, weil sie wohlfeil sind und nur langsam verbrennen. In allen Fällen muß der Rost in oder besser noch neben der Esse angebracht und der Aschenfall mit einer Röhre mit Register versehen sein, welche gestattet, die Verbrennung nach Belieben zu reguliren. Ein Ofen mit ununterbrochener Feuerung würde sehr zweckmäßig sein.

2044. Es scheint auf den ersten Blick, daß es, um die Entwickelung der Luft aus den Abtrittsgruben zu vermeiden, hinreichend sei, einen Strom von dem Becken nach den Gruben der Abtritte herzustellen, und wenn er auch noch so klein sei; dies ist aber wegen der Schwankungen des atmosphärischen Druckes durchaus nicht so. Wenn der barometrische Druck plötzlich oder in einer sehr kurzen Zeit um 2 Centimeter sänke (eine häufig genug vorkommende Schwankung), so würde das Volum der Luft 0,027 von dem vorhandenen werden; und wenn während der Zeit der Schwankung die Esse nicht ein Luftvolum gleich dem von 0,003 der Grube angesaugt haben würde, so müßte sich die Luft nothwendig aus dieser in die Abtritte verbreiten. Es ist daher nothwendig, daß die Ventilirung eine gewisse Grenze übersteige, damit die Dauer der Luftentwickelung in den Gruben vermindert wird, sobald das Barometer sinkt. Wenn man die Dauer des Ausströmens der Gase aus den Gruben während der größten Barometerschwankungen, die 3 Centimeter niemals übersteigen, fixiren wollte, so müßte die Esse in der Minute ein Luftvolum ansaugen, welches gleich 0,04 von dem in der Grube wäre. Nimmt man nun an, daß die Räumlichkeit dieser letztern 50, 75 oder 100 Kubikmet. betrüge, so sind die 0,04 dieser Werthe 2, 5, 4 Kubikmet., und die in der Secunde anzusaugenden Gasmengen würden daher sein 0,033, 0,050 und 0,60 Kubikmet. Nimmt man nun eine Geschwindigkeit von nur einem Met. an, so müßten die Essenquerschnitte 0,033, 0,050 und 0,066 Quadratmet. sein.

2045. Man findet in einigen Gebäuden eine Einrichtung der Verbindungsröhren der Fässer mit den Gruben, welche darin besteht, die Röhren unter dem Grubengewölbe zu verlängern und an dem untern Theile ein Faß anzubringen, dessen Ränder höher sind, als die Enden der Röhren. Durch diese Einrichtung wird, sobald das Faß gefüllt ist, jede Verbindung des Fasses und der Gruben durch einen Wasserverschluß unterbrochen, und es können sich folglich die Ausdünstungen der Grube nicht in die Cabinette verbreiten, wenn jene mit dem Aeußern durch eine Esse in Verbindung stehen. Wenn nun diese Grube genau verschlossen und der äußerste Niveauunterschied des Röhrenendes und der Faßränder hinreichend ist, daß ein Ueberschuß des Drucks von 2 oder 3 Centim. Quecksilber (Druckschwankungen, wie sie sich häufig zeigen), d. h. von 27 bis 40 Centim. Wasser bewirkt wird, so kann die Flüssigkeit aus dem Faß nicht unter die Enden der Röhren hinabgehen. Man vermeidet auf diese Weise die Ent-

Digitized by Google

weichung der Luft aus den Gruben, allein die Cabinette behalten den schlechten Geruch durch die neu hinzugekommenen Stoffe, die den untern Theil der Röhren einnehmen, und müssen daher stark ventilirt werden, um den Geruch vertheilen zu können.

2046. Einfluß der Dimensionen der Saugessen. — Wir haben gesehen, daß die Wirkungen der Saugessen im Verhältniß zu der Quadratwurzel ihrer Höhe zunahmen. Man muß ihnen daher die möglichst größte Höhe geben, sobald dies die örtlichen Verhältnisse ohne große Kosten gestatten. Die Saugessen, die von der Oberfläche des Bodens ausgehen, haben selten mehr als 30 Meter Höhe, die aber zur Wetterführung in den Steinkohlengruben angewendeten bestehen größtentheils aus einem Schacht, der bis zu dem Grubenbau niedergeht und sie erreichen daher bis 200 Meter Höhe. Für diese ist aber eine größere oder geringere Erhöhung über Tage von nur geringem Einfluß.

Es ist noch wichtiger, den Essen einen zweckmäßigen Querschnitt zu geben. Wir wollen z. B. einen Canal von constantem Querschnitt betrachten, der in eine Esse mit gleichem Querschnitt ausläuft; wenn man nun den Essenquerschnitt 2mal, 3mal, 4mal kleiner macht, damit das Ansaugen dasselbe bleibt, so muß die Ausströmungsgeschwindigkeit der Esse in demselben Verhältniß steigen und es müssen folglich die Temperaturüberschüsse der Luft in der Esse in einem weit größern Verhältniß zunehmen, als die Quadrate tiefer fallen, wie man aus der Formel (2031) ersehen kann. Steigert man dagegen die Querschnittsgröße, so findet nur eine Zunahme der Wirkung statt, die eine Folge der Expansion und eine Verminderung der Reibung in der Esse ist. Man ersieht hieraus, daß, seien auch die Formen und Dimensionen des der Esse vorhergehenden Canals welche sie wollen, es stets vortheilhaft ist, der Esse die größte Höhe und den größten Querschnitt zu geben. In jedem besondern Fall ist aber die Höhe durch die Anlagekosten beschränkt, und dem Querschnitt durch die Nothwendigkeit der ausströmenden Luft eine hinreichende Geschwindigkeit zu geben, damit der Einfluß der Winde vermieden wird, und der Ausfluß bei voller Oeffnung erfolgt, was nicht der Fall sein würde, wenn der Querschnitt im Verhältniß zu der Höhe zu bedeutend wäre.

2047. Einfluß des Widerstandes des Canals und Art und Weise, ihn zu bestimmen. — Aus der Formel (2031) ersieht man leicht, wie wichtig es ist, den Werth von R so klein, als nur möglich, zu machen. Wenn man z. B. $R = 9$, $t = 35$, $\theta = 15$ hätte, so würde man, um dieselbe Ventilation mit einem doppelten Widerstande zu erhalten, fast haben $20 \times 19 = (t' - 15)\,10$, daher $t' = 53$; würde nun der Werth von R zweimal kleiner, so würde man haben $20 \times 5{,}5 = (t' - 15)\,10$, daher $t' = 26^0$; die genaue Berechnung würde in beiden Fällen geben 55,5 und 35,6 Grad.

2048. Der Werth von R stellt, wie wir gesehen haben, die gesammte Summe der Verluste nach der ganzen Canallänge im Verhältniß zu der wirklichen Ausströmungsbelastung dar; sein Werth ist leicht zu berechnen. Die ganze Länge, welche die Luft zu durchströmen hat, besteht stets aus der Esse, aus einem oder aus mehreren Räumen, deren Querschnitt im Verhältniß zu dem der Essen und zu dem der Luft sehr klein ist; aus einer gewissen Anzahl kleiner Röhren, durch welche die Ventilirung bewirkt wird, und endlich aus einem mehr oder weniger langen Canal, welcher die Luft zu der Esse führt.

Digitized by Google

2049. Um die Art dieser Berechnung besser zu beweisen, wollen wir ein besonderes Beispiel annehmen, und zwar das verwickeltste, welches vorkommen kann, ein Zellengefängniß. Wir wollen annehmen, daß es 200 Zellen habe, die in zwei parallelen Seiten von drei Etagen mit Einschluß des Erdgeschosses vertheilt sind, und daß sie auf eine große, oben verschlossene Gallerie hinausgehen, indem die Zellen einer jeden Etage, die nach der ganzen Länge der Gallerie vorhanden, offen ist. Wir wollen ferner annehmen, daß unter den Balkonen ein Canal vorhanden ist, der die Heizröhren enthält; daß die äußere Luft mittelst einer oder mehrerer Oeffnungen in die Gallerie eintritt, nachdem sie vorher eine Temperatur von etwa 15 Grad erlangt hat; daß sie in die Heizcanäle strömt, um eine Temperaturzunahme zu erlangen, welche die durch die Fenster und die Mauern der Zellen verlorene darstellt; daß aus jeder Zelle eine senkrechte Röhre in einen sehr weiten Canal geht, welcher der ganzen Länge des Gebäudes nach führt, und daß dieser zweite Canal mit einem andern in Verbindung steht. Wir wollen annehmen, daß die Geschwindigkeit des Stromes in allen Röhren dieselbe sei, jedoch mit Ausnahme der unvermeidlichen Erweiterungen; wir wollen die Höhe und den Durchmesser der Esse mit **H** und **D** und die Länge und den Durchmesser wie die Seite der Leitung, welche die Luft aus dem Heizcanal der Ausflußöffnung zuführt, welche Oeffnung für alle Zellen dieselbe ist, l und d nennen; die Länge und der Durchmesser der größten, abwärts gehenden Röhre soll l' und d' genannt werden, sowie endlich der Durchmesser einer jeden der Essen, die Luft zuführen, D'. Wir wollen die Reibung in den erweiterten Theilen der Canäle u. s. w., sowie auch die Verengungen und Erweiterungen der Röhren unberücksichtigt lassen und nur bemerken, daß vier plötzliche Zunahmen des Querschnitts beim Eintritt der Luft in die Gallerie, eine am Eintritt unter dem Heizcanal unter den Balkonen in die Zelle, eine in dem Canal unter der Sohle, und daß es vier rechtwinklige Richtungsveränderungen in jedem warmen Luftcanal, unter dem Fußboden und längs den Mauern einer jeden Zelle giebt und daß sie fast den beiden rechtwinkligen Richtungsveränderungen in dem Canal gleich sind, die wir mit **L** bezeichnen; wir werden daher nach den Formeln im zweiten Buch haben:

$$R = 4 + 4 + 2 + \frac{HK}{D} + \frac{lK}{d} + \frac{l'K}{d'} + \frac{LK}{D'}.$$

Wir wollen annehmen, daß die Höhe der Saugesse 30 Meter betrage, daß jeder Gesaugene 20 Kubikmeter in der Stunde erhalten müsse und daß die Einströmungsgeschwindigkeit der Luft in die Esse auf 2 Meter beschränkt sei, um die Einwirkung des Windes weniger fühlbar zu machen. Das in der Secunde angesaugte Luftvolum würde gleich sein $\frac{200 \times 20}{3600} = 1{,}1111$ Kubikmeter und der Durchmesser D der Esse beinahe 0,84 Meter betragen. Eine jede nach den Zellen führende Leitung würde zum Querschnitt $\frac{1{,}1111}{400} = 0{,}00275$ Quadratmeter haben und, wenn man denselben quadratisch annimmt, eine Seite gleich 0,052 sein. Nach den gewöhnlichen Dimensionen der Zellen würde man $l = 5$ Meter und $l' = 7$ Meter haben; der Werth von D' würde gleich sein 0,595 Meter und man

Digitized by Google

würde die Länge des Canals zu 5 Meter annehmen; alsdann wird der Werth von

$$R = 4 + 4 + 2 + 0{,}86 + 2{,}31 + 3{,}23 + 0{,}20 = 16{,}60.$$

Der Werth von $R + 1$ würde demnach wenig von 18 verschieden, und der Factor $\sqrt{\frac{1}{R+1}}$ würde fast gleich 0,23 sein; es würde demnach die Eintrittsgeschwindigkeit der Luft unter einem Viertel der theoretischen Geschwindigkeit betragen.

2050. Wir wollen jetzt bemerken, daß, wenn der Querschnitt der Esse und aller Züge vergrößert würde, jedoch derart, daß die Geschwindigkeit in allen dieselbe bliebe, so würde der Werth von R in den drei ersten Gliedern sich nicht verändern und nur die vier letzten würden sich vermindern; wenn z. B. alle Querschnitte vier Mal größer gemacht würden, so würde jedes von diesen Gliedern nur zwei Mal kleiner werden und die untere Grenze des Werthes von R würde gleich 10 sein; es würde demnach, möchte die Zunahme aller Querschnitte sein welche sie wollte, die Ausströmungsgeschwindigkeit stets unter einem Drittel der theoretischen Geschwindigkeit bleiben.

2051. Wenn man aber, ohne den Essenquerschnitt zu verändern, den aller übrigen Canäle größer macht, so wird nur das vierte Glied 0,86, welches die Reibung in der Esse ausdrückt, allein constant bleiben, während die anderen Glieder sich schnell vermindern würden. Wir wollen z. B. annehmen, daß alle Querschnitte der Canäle vier Mal größer würden, so müssen die Geschwindigkeiten der Luft in denselben vier Mal kleiner sein, und da die Verluste bei dem Druck im Verhältniß zu den Quadraten der Geschwindigkeit, auf das Ausströmen übertragen, sich verhalten, so werden die drei ersten Glieder 16 Mal und die drei letzten 32 Mal kleiner. Es würde demnach der Werth von R $0{,}62 + 0{,}86 + 0{,}18 = 1{,}66$, und die wirkliche Einströmungsgeschwindigkeit in die Esse würde 0,51 von der theoretischen betragen. Die äußerste Grenze würde stattfinden, wenn die Querschnitte groß genug wären, daß alle Glieder, mit Ausnahme von dem, welches die Reibung der Luft in der Esse ausdrückt, unberücksichtigt gelassen werden könnten; es würde aber die Geschwindigkeit = 0,78 der theoretischen sein.

2052. Es ist wesentlich zu bemerken, daß, wenn man in dem allgemeinen Ausdruck der theoretischen Eintrittsgeschwindigkeit für θ den mittleren Werth der Monate, in denen geheizt wird, und die in der Esse trockene Luft zu 15 Grad annimmt, ohne daß auf den Lauf eine Zunahme oder ein Verlust des Druckes stattfindet, welches der Fall sein würde, wenn sich die Ansaugeöffnungen in der Höhe des Rostes befänden und die Luft in der Esse nicht überhitzt würde, die theoretische Geschwindigkeit gleich 4,27 Met. sein müßte. Um daher eine wirkliche Ausströmungsgeschwindigkeit von 2 Met. zu erhalten, würde es hinreichend sein, daß der Factor von den Widerständen gleich $\frac{2}{427} = 0{,}468$ würde, welches $R = 3{,}54$ entspricht. Alsdann würde aber für kleinere Werthe von θ die Geschwindigkeit zunehmen, und man müßte sie durch ein Register mäßigen, wenn man die Geschwindigkeit von 2 Met. beibehalten wollte, und dann den Rost nur bei höheren Wärmegraden feuern.

Digitized by Google

2053. Bei alle dem hier Gesagten hat der Verfasser angenommen, daß sich die Luft in der Esse nicht abkühle; es ist dies eine Annahme, die man ohne Furcht, sich weit von der Wahrheit zu entfernen, zugestehen kann, vorausgesetzt, daß die Esse aus Ziegelsteinen besteht und eine zweckmäßige Mauerstärke hat, denn wir haben (489) gesehen, wie gering der Wärmeverlust in den Ziegelsteinessen, welche die Luft mit einer Temperatur von 300° durchströmt ist und wie wenigen Einfluß er auf den Zug hat. Der Verfasser hatte auch angenommen, daß sich die Luft in den Zellen auf ihrem Wege bis zu der Esse nicht abkühle, welche Hypothese jedoch niemals genau richtig ist; es findet immer ein sehr schwierig zu bestimmender Wärmeverlust statt, der von sehr verwickelten Umständen abhängt. Wenn man aber keine Leitungen hat, die an der Decke angebracht sind, so muß diese Abkühlung sehr gering sein; endlich kann man auch bei den Berechnungen die äußere Luft nicht berücksichtigen, welche durch Ritzen in die Canäle u. s. w. eindringt. Man darf daher die Resultate der Berechnungen nur als eine hinreichende Annäherung zur Leitung der Ingenieure ansehen, und es wird stets nöthig sein, nachdem die Apparate vorgerichtet sind, durch Versuche zu bestimmen, bis zu welcher Temperatur die Luft bei ihrem Eintritt in die Esse überhitzt sein muß, um die verlangte Ventilirung zu erlangen. Diese Versuche sind mittelst des Anemometers leicht und gestatten für einen gewissen Werth der äußeren Temperatur den dieser Ventilirung entsprechenden Brennmaterialverbrauch. Wir wollen nun die Mittel untersuchen, um die Ventilirung constant zu machen, sei die äußere Temperatur welche sie wolle.

2054. *Die Leitung des Feuers auf den Rost zur Erlangung einer constanten Ventilirung.* — Der vorliegende Fall ist, wir wiederholen es, derjenige, wobei die angesaugte Luft die äußere oder eine constante Temperatur hat, bei welcher aber auf dem ganzen Wege, welcher der Esse vorangeht, weder Verlust noch Zunahme des Druckes stattfindet, wodurch Schwankungen des Ansaugens veranlaßt werden können. In allen Fällen würde die einfachste und genaueste Methode bei Leitung des Feuers darin bestehen, neben dem Heizer ein Wassermanometer anzubringen, welches die in (563) angegebene Einrichtung hat und welches mit einer sehr großen Genauigkeit den Werth von $t - \theta$, oder den Temperaturüberschuß der Luft in der Esse gegen die äußere Temperatur angeben würde. Da das Feuer so geleitet wird, daß dieser Ueberschuß derselbe bleibt, so muß auch die Ventilirung constant bleiben, oder sie wird wenigstens nur in sehr engen Grenzen schwanken. Nimmt man 15 Grad für die mittlere Temperatur der 6 Sommermonate, so wie — 5 Grad und + 32 Grad für die äußersten Temperaturen, so wird die Ventilirung in den Verhältnissen der Zahlen: 1,035, 1 und 0,977 schwanken; die Verbrennung wird durch ein in dem Aschenfall angebrachtes Register regulirt werden. Man könnte auch neben dem Heizer eines von den Manometern anbringen, welches wir (426 ff.) beschrieben haben, und dessen Behälter mit einer kleinen Röhre in Verbindung steht, die sich in dem untern Theil der Esse öffnet; die Depressionen würden den der Auspressung entsprechenden Druck angeben. Das geneigte Manometer, welches das einfachste ist, würde hinreichend sein, denn die Ausströmungsgeschwindigkeit beträgt selten unter 2 Met., welches einem Wasserdruck von 0,265 Millimet. entspricht, und da die Geschwindigkeiten fast stets auf $\frac{1}{3}$ oder auf $\frac{1}{4}$ der theoretischen ver-

Digitized by Google

mindert werden, so würde die Depression des Manometers sein $9 \times 0{,}265 = 2{,}385$ Millimet., oder $16 \times 0{,}265 = 4{,}24$ Millimet., Depressionen, welche bei einer Neigung der Röhre gleich 1,10 Längen der geneigten Säulen von 2,28 und 4,24 Centimet. entsprechen würden. Es würde nicht unmöglich sein, einen von diesen Apparaten in dem Büreau des Directors der Anstalt anzubringen, so daß derselbe im Stande ist, die Ventilirung oder den Dienst des Heizers stets zu beaufsichtigen.

2055. Man gelangt auch zu einer wesentlich constanten Ventilirung, wenn man auf seinem Rost fortwährend dieselbe Brennmaterialmenge verbrennt, denn unter diesen Bedingungen bleibt der Werth von $t - \theta$ constant. Die Schwankungen der Stärke des Feuers zwischen zwei auf einander folgenden Chargirungen des Rostes würden wegen der großen Wärmemenge in dem den Rost umgebenden Mauerwerk ohne Einfluß bleiben. Es ist dies durch die im Gefängniß Mazas zu Paris angestellten Versuche, die wir weiter unten mittheilen, erwiesen, allein man muß eine gewisse Ungleichheit der Ventilirung fürchten, die von den Schwankungen der Beschaffenheit des Brennmaterials und hauptsächlich von atmosphärischen Verhältnissen herrühren.

Essen, welche Luft von constanter, aber gegen die äußere verschiedener Temperatur ansaugen.

2056. Der jetzt vorliegende Fall ist der aller Saugessen bewohnter Räume während der Jahreszeit des Heizens; die Erscheinungen sind weit verwickelter, als die, welche wir untersucht haben, weil nach der Art der Heizung die Lage der Oeffnungen, durch welche äußere Luft einströmt, der in der Saugesse erhitzten Luft, warme Luftsäulen vorkommen, deren Druck bald in derselben Richtung als die der Saugesse, bald in einer entgegengesetzten wirken. Wir wollen nach und nach die verschiedenen vorkommenden Fälle untersuchen.

2057. 1. *Die äußere Luft tritt erwärmt am Boden ein, steigt und sinkt alsdann, um ebenfalls am Boden in die Esse auszuströmen.* — Es ist dies eine sehr häufig angewendete Heiz- und Ventilirungsmethode; die warme Luft erhebt sich senkrecht, indem sie sich abkühlt, dehnt sich unter der Decke des Raumes aus, geht hauptsächlich an dem Innern der Fenster und der Mauern abwärts, denen sie einen Theil der nöthigen Wärme zur Erhaltung der Temperatur abgiebt, und strömt, nachdem sie eine gewisse Zunahme der Temperatur erlangt hat, durch die Esse. In dem vorliegenden Falle giebt es drei warme Luftsäulen, welche die Bewegung veranlassen: die des Einströmens der warmen Luft, die des Niederganges, welche in entgegengesetzter Richtung wirkt und die der Esse, deren Wirkung der der ersten hinzugefügt wird; der Unterschied des der ersten und zweiten entsprechenden Druckes kann sehr groß sein, wenn die von den Mauern absorbirte oder regelmäßig durch die Fenster und die Mauern transmittirte Wärmemenge nur von einer Feuerung herrührt, die die Folge einer schwachen Ventilirung ist. Dagegen ist sie sehr klein, wenn die Feuerung großentheils durch Ausstrahlung und durch eine bedeutende Ventilirung erfolgt. In diesem letztern, sehr häufig vorkommenden Fall kann man den Unterschied der Einwirkungen der beiden ersten Säulen unberücksichtigt lassen, und die Ausströmungsgeschwindigkeit wird

durch die nachstehende Formel gegeben:

$$v^2 = \frac{2ga \quad H(15+x-\theta)}{1+R\,1+a\,(15+x)}$$

wenn man annimmt, daß die innere Temperatur gleich 15°, welches gewöhnlich der Fall ist, und wenn man mit x die Zunahme der Temperatur bezeichnet, welche die Luft beim Eintritt in die Esse erlangt; die anderen Buchstaben stellen dieselben Größen dar, wie in §. 2031. Es folgt aus dieser Formel, daß für denselben Brennmaterialverbrauch zur Erwärmung derselben Luftmenge die Ausströmungsgeschwindigkeit weit größer ist, als wenn die Luft mit der äußern Temperatur in die Esse tritt, weil sie bereits auf 15° erwärmt ist.

2058. In dem vorliegenden Fall erhält man die Regelmäßigkeit der Ventilirung, wenn man $x-\theta$ constant macht, was man, wie in dem vorhergehenden Fall, durch eine directe Messung dieser Temperaturdifferenz oder durch ein Manometer bewirken könnte, welches das Ansaugen am untern Theil der Esse angeben würde. Allein in diesem Falle würde die Geschwindigkeit nicht im Verhältniß der Quadratwurzel x stehen, wie während der Monate ohne Heizung, wenn man $\theta = 15°$ annimmt.

2059. Man könnte auch im Winter fortwährend dieselbe Brennmaterialmenge, wie im Sommer verbrennen, aber in jeder Jahreszeit Mengen von verschiedenen Brennmaterialien. Nimmt man an, daß die Temperatur der angesaugten Luft gleich 15° sei und daß die mittlere Temperatur des Jahres 16° betrage und bezeichnet man mit x und x' die Temperaturzunahmen, welche die Luft in der Esse erlangen muß, um dieselbe Ansaugung hervorzubringen, so wird man offenbar haben:

$$\frac{15+x-6}{1+a(15+x)} = \frac{15+x-16}{1+a(15+x)}; \text{ daher } x = \frac{10{,}54+1{,}057\,x}{1{,}0219}$$

Nimmt man $x = 21°$ an, so wird man für $x' = 31°$ finden und der Brennmaterialverbrauch müßte im Verhältniß dieser Zahlen während der übrigen Theile des ganzen Jahres sein. Es ist die Bemerkung wesentlich, daß, wenn man annimmt, daß die Temperaturen im Winter sich mehr oder weniger als 6 Grad von der mittleren Temperatur entfernen, d. h. daß die Werthe von θ, 12, 16 und 0 sind, die Ausströmungsgeschwindigkeiten sich verhalten wie die Zahlen 4,51, 5,07, 5,56 oder wie die Zahlen 0,89, 1, 1,096. Wenn man nun diese constante Brennmaterialmenge verbraucht, so würden die größten Schwankungen der Geschwindigkeit fast $^1/_{10}$ von denen betragen, welche der mittleren Temperatur entsprechen.

2060. 2. Die äußere Luft wird in jedes Stockwerk eingeführt und geht zu den Bodenniveaux nieder, um in die Saugesse einzuströmen. — Dieser Fall kommt in den Zellengefängnissen und in den Krankenhäusern vor. Nach dem, was wir weiter oben (448) gesagt haben, unter Annahme einer constanten inneren Temperatur, und wenn man die Wirkung unberücksichtigt läßt, welche aus den Bewegungen der warmen Luft in entgegengesetzter Richtung in jedem Stockwerk

Digitized by Google

hervorgeht, wird man haben:

$$v^2 = \frac{2ga}{1+R}\left\{\frac{H(x+15-\theta)}{1+a(15+x)}\right\} - \frac{H'(15-\theta)}{1+15a}.$$

Dabei ist H die Höhe der Saugesse und H' die des abwärts gehenden Canals. Man ersieht aus dieser Formel, daß, wenn der Werth von θ wechselt, die beiden Glieder des Factors in derselben Richtung schwanken, und folglich, wenn man eine bestimmte Brennmaterialmenge auf dem Roste verbrennte, die Geschwindigkeitsveränderungen weit kleiner, als die des ersten Gliedes allein, die, wie wir sahen, fast $^1/_{10}$ betrugen, sein würden. Indem man H = 30 Met., H' = 8 Met. bei gleichen äußeren Temperaturen von 0°, 6°, 12° annimmt, sind die Geschwindigkeiten proportional den Zahlen 1,07, 1, 0,92. Wenn man demnach eine constante Brennmaterialmenge auf dem Rost verbrennt, so würde die Ventilirung nur 7 bis 8 Proc. weniger als diejenigen schwanken, die der mittlern äußern Temperatur entspricht. Die Gleichartigkeit des Temperaturüberschusses der Luft in der Esse gegen die äußere könnte durch ein Differentialthermometer (563) oder durch ein Multiplicator-Manometer bestätigt werden, indem dieselben die Depression am untern Theile der Esse angeben würden.

Während der Sommermonate, wo nicht geheizt wird, verschwindet das zweite Glied der Formel, und man kommt auf den weiter oben (2057) untersuchten Fall zurück.

2061. Was nun das Verhältniß des mittlern Werthes von x in den verschiedenen Jahreszeiten betrifft, so erhält man es durch die Gleichung:

$$\frac{H(x+15-6)}{1+a(15+6)} - \frac{H'(15-6)}{1+15a} = \frac{H(x+15-16)}{1+a(15+x')}.$$

Nimmt man x = 20, H = 30, H' = 8, so hat man x' = 28,13°. Im Gefängniß Mazas, welches die angenommenen Bedingungen hat, folgt aus der Erfahrung mehrerer Jahre, daß zur Erlangung derselben während der Monate, in denen geheizt wird, wie in dem übrigen Theile des Jahres, der mittlere Brennmaterialverbrauch 20 und 25 Kil. ist. Da nun die Steigerung der Temperatur im Winter fast 20° beträgt, so erhält man für x' 25°; die Berechnung giebt 28,13 Grad, allein die Differenz des Zuges für diese beiden Temperaturüberschüsse ist sehr gering, indem diese Geschwindigkeiten den Zahlen 24 und 25 proportional sind. Es muß noch bemerkt werden, daß der Werth von H' im Erdgeschoß gleich 0 ist, daß er gleich der Höhe eines Stockwerkes für das erste, und gleich der von zwei Etagen für das zweite ist; man muß aber den größten Werth von H' nehmen, vorausgesetzt, daß die Gleichförmigkeit der Ventilirung nur dann erlangt werden kann, wenn man die Ventilirung der Stockwerke, welche den wenigsten Widerstand zeigen, durch Register beschränkt.

2062. 3. Die äußere Luft wird in jedes Stockwerk eingeführt und erwärmt und entweicht durch eine in den Decken angebrachte Esse. — Es ist dies eine in mehreren französischen Krankenhäusern angebrachte Einrichtung. Die von außerhalb einströmende kalte Luft erwärmt sich, indem sie in Wärmwasser-Oefen eintritt, gelangt gegen

Digitized by Google

den obern Theil des Saales und geht zum Boden abwärts, um durch die unteren Oeffnungen der besonderen Essen auszuströmen, welche sie zu der Esse im Dache führen. In diesem wie in dem vorhergehenden Falle kann man den Druck, welcher den beiden erstern Bewegungen der Luft entspricht, unberücksichtigt lassen, und alsdann folgt die Ausströmungsgeschwindigkeit aus den Wirkungen, die in den einzelnen Essen der Zimmer und in der gemeinschaftlichen obern Esse hervorgebracht sind; sie wird dann durch nachstehende Formel dargestellt:

$$v^2 = \frac{2\,g\,a}{1+R}\left[\frac{H(x+15-\theta)}{1+a(15+x)} + \frac{H'(15-\theta)}{1+15\,a}\right]$$

H bezeichnet die Höhe der Esse und H' die des obern Stockwerks; denn hier wie in dem vorhergehenden Falle erfordert die Gleichförmigkeit der Ventilirung, daß man diejenige des Stockwerks, für welches die Kraft der Esse die schwächste ist, mit Registern regulirt. Man ersieht aus der Formel, daß, wenn θ veränderlich ist, die beiden Glieder des Werthes von v sich vermindern, und da sie auch zusammengestellt werden müssen, so ist die Veränderung bald größer, als für ein einziges Glied. Nimmt man $H = 8$, $H' = 3$, $x = 20$ für Werthe von θ, die gleich 0^0, 6^0 und 12^0 sind, so sind die Werthe von v proportional den Zahlen 1,11; 1 und 0,86; sie sind folglich zwischen 0,11 und 0,14 des mittleren Werthes begriffen. Könnten diese Veränderungen zugestanden werden, so könnte man die Regelmäßigkeit der Ventilirung wie in dem vorhergehenden Falle erlangen.

Um nun im Winter und im Sommer eine gleiche Wirkung mit denselben hervorzubringen, müßte man haben:

$$\frac{H(x+15-6)}{1+a(15+x)} + \frac{H'(15-6)}{1+15\,a} = \frac{H(x'+15-6)}{1+a(15+x')}.$$

Nimmt man $H = 8$ Met., $H' = 3$ Met., $x = 20$ und $\theta = 6$, so findet man $x' = 35{,}16^0$. Es würde demnach im Sommer der mittlere Brennmaterialverbrauch gleich sein $\frac{35{,}16}{20} = 1{,}75$ von der im Winter.

2063. Bei dieser wie bei der vorhergehenden Einrichtung könnte man sehr genau die Ventilation für einen gleichförmigen Brennmaterialverbrauch reguliren; eine Ungewißheit würde nur aus der Beschaffenheit des Brennmaterials und aus der mehr oder weniger vollständigen Verbrennung hervorgehen. Um die Ventilirung noch genauer zu reguliren, muß man an der Seite des Heizers ein Differentialmanometer (563) anbringen, welches in jedem Augenblick den Ueberschuß $t - \theta$ der innern über die äußere Luft angeben würde, oder man müßte ein Manometer mit geneigter Glasröhre und mit Schwimmer anbringen.

2064. Vergleichung der beiden letzten Ventilirungssysteme in Beziehung auf Brennmaterialersparung. — Behält man für H und H' die vorher angegebenen Werthe, indem man mit x und x' die Temperaturzunahme in den Essen, welche dieselben Wirkungen hervorbringen würden, bezeichnet, und indem man annimmt, daß die Wider-

Digitized by Google

stände wesentlich dieselben sind, so würde man für die mittlere Ventilirung im Sommer, wenn man $\theta = 16$ annimmt, haben:

$$\frac{30\,\text{Met.}\,(x+15-16)}{1+a'(15+x)} = \frac{8\,(x+15-16)}{1+a\,(15+x')}; \text{ daher } x' = \frac{31{,}62 \times x - 40{,}05}{8{,}539 - 0{,}08 \times x}.$$

Nimmt man $x = 20$, so findet man für $x' = 72{,}54$; läßt man aber die Nenner unbeachtet, so erhält man $x' = 72{,}25$, woraus der geringe Einfluß der Nenner hervorgeht. Es folgt daraus, daß der Brennmaterialverbrauch, der dazu erforderlich ist, um dieselbe Ventilirung im Sommer durch zwei Essen, die eine von 30 Met., die von dem Boden, und die andere von 8 Met., die von den Decken ausgeht, zu bewirken, im Verhältniß der Zahlen 1 und 3,62 steht.

2065. Während der Jahreszeit der Heizung würde man, um dieselbe Ventilirung mittelst zweier Apparate für die mittlere Temperatur von 6 Grad zu erlangen, bei Vernachlässigung der Nenner, die wirklich einen geringen Einfluß haben, wie wir sahen, als Resultat haben:

$$30(x+15-6) - 8(15-6) = 8(x'+15-6) + 3(15-6); \text{ daher } x' = \frac{30\,x - 213}{8}.$$

Nimmt man nun $x = 20$, so findet man $x' = 48$, daher würde in der Jahreszeit der Heizung die Esse in den Decken fast $2^1/_2$ Mal so viel Wärme verbrauchen, als die von dem Boden ausgehende Esse, um dieselbe Wirkung hervorzubringen. Sie würde selbst weit mehr Wärme absorbiren, weil die Luft, indem sie die Canäle in den Decken durchströmt, sich nothwendig abkühlen, und weil der ganze Wärmeverlust in der Saugesse ersetzt werden müßte.

2066. Bei allen hier gemachten Berechnungen ist der Verlust an Druck bei der Bewegung des Steigens und Fallens der warmen Luft in dem Zimmer unberücksichtigt gelassen; da aber die daraus hervorgehende Zunahme der Ventilirung in den beiden Systemen dieselbe sein würde, so könnte diese Betrachtung den Druck bei der Ventilirung durch die von dem Boden ausgehende Esse nur vermindern, ohne ihn gänzlich aufzuheben. Es ist ganz offenbar, daß für die Ventilirung im Sommer, wenn man die innere und die äußere Temperatur als gleich annehmen darf, die Brennmaterialkosten zur Erlangung derselben Ventilation im umgekehrten Verhältniß der Höhen stehen würden. Demnach würden sie für die angenommenen Essenhöhen fast viermal größer bei Essen in den Decken als bei den im Boden befindlichen Essen sein.

2067. Ebenso haben wir auch angenommen, daß die Widerstände in beiden Systemen gleich seien, obgleich die Strömung bei dem erstern weit ausgedehnter als bei dem zweiten ist; es hat dieses jedoch keinen wesentlichen Einfluß auf die erlangten Resultate.

2068. Da nun auch die in der Decke angebrachte Esse keinen zur Seite angebrachten Rost zur Erwärmung der Luft haben kann, indem

Digitized by Google

dieser nur Nachtheile und Gefahren hätte, man auch in die Nothwendigkeit versetzt sein würde, stets einen Heizer zu unterhalten, so muß die Erwärmung stets durch Oefen, die mit warmem Wasser oder Dampf geheizt sind, bewirkt werden. Diese Art der Heizung erfordert aber weit höhere Anlagekosten wegen der großen Ausdehnung der Heizoberflächen dieser Erwärmungsapparate, und es steht dabei auch ein bedeutender Wärmeverlust durch die Esse des Warmwasser- oder des Dampfkessels nicht zu vermeiden. Bei der vom Boden ausgehenden Esse kann die Heizung der angesaugten Luft direct durch die verbrannte Luft bewirkt werden, und es wird daher die ganze Wärme des Rostes benutzt.

2069. Faßt man das Gesagte zusammen, so ergiebt sich, daß stets eine bedeutende Ersparung bei dem Brennmaterialverbrauch, besonders aber im Winter stattfindet, daß aber auch zu gleicher Zeit die Anlagekosten dadurch vermindert werden, daß man die Gase, die zur Lüftung gedient haben, bis zum Boden niedergehen und sie durch eine hohe Saugesse ausströmen läßt.

2070. Man hat wiederholt eine andere Art der Ventilirung vorgeschlagen, die in Beziehung auf die Gesundheit weit mehr Vortheile darbieten würde, als die hier erwähnten, die aber in Beziehung auf den Brennmaterialverbrauch fast zu dem ersten Falle, den wir hier betrachtet haben, zurückgehen würden. Bei diesem System tritt die äußere vorher erwärmte Luft am Boden ein, strömt durch die Decke aus und geht äußerlich durch einen Canal nieder, der mit dem untern Theile der Saugesse in Verbindung steht. Durch diese Einrichtung würde jedes Individuum nur reine Luft athmen, und der Brennmaterialverbrauch würde fast derselbe sein, wie in dem ersten Falle. Dieses Verfahren hat aber in Beziehung auf die Ein- und Ausströmungsöffnung, sowie für die gleiche Vertheilung der Luft solche Schwierigkeiten bei der Anlage, daß man es selten anwenden kann.

2071. Bei allen diesen Systemen kann die Ventilirung im Sommer sehr genau durch ein Manometer bestimmt werden, welches mit einer Röhre am untern Theile der Esse und senkrecht auf der Oberfläche in Verbindung steht. Was nun die Ventilirung im Winter betrifft, so geben dieselben Apparate nur eine annähernde Bestimmung derselben, welche von dem Wege abhängt, der von der Luft durchströmt wird. Wenn die Luft abwärts geht, um zu einer hohen Saugesse zu gelangen, so sind die Schwankungen im Allgemeinen so gering, daß man sie vernachlässigen kann, und die Gleichförmigkeit der Ventilirung kann durch einen constanten Brennmaterialverbrauch, oder durch eine Gleichartigkeit des Temperaturüberschusses der Luft über die äußere erlangt werden. Ganz anders verhält es sich aber, wenn die Esse von den Decken ausgeht, wegen der kleinen Höhe der Esse; die Anwendung permanenter Anemometer wird alsdann unerläßlich.

Bemerkung über die Berechnungen, die sich auf Saugessen beziehen. — Bei allen den vorhergehenden Berechnungen haben wir stets die mittleren Temperaturen im Winter und im Sommer angenommen; es können aber bedeutende Veränderungen, die bei der Temperatur nicht allein von einer Jahreszeit zur andern, sondern auch an einem und demselben Tage entstehen, ohne die vergleichenden Resultate, die wir erlangt haben, zu ändern, die erhaltenen Resultate wesentlich modificiren.

Die Ventilirung durch die Saugessen wirkt auf eine fast regelmäßige Weise in den großen Apparaten, bei denen die in den Essenwänden einge-

Digitized by Google

ſchloſſene Wärme die unvermeidlichen Schwankungen in der Heizung ausgleicht. Bei beſchränkten Apparaten aber wird der Zug der Eſſen von den Sonnenſtrahlen, von der hygrometriſchen Beſchaffenheit der Luft und durch die Winde beeinflußt, welche ſowohl auf die Eingangs- als Ausgangsöffnungen einwirken. Man ſieht dies bei den Eſſen der Zimmeröfen, ſelbſt wenn ſie eine bedeutende Höhe haben, und man wird daher begreifen, wie bedeutend die Einwirkung der äußern Agentien ſein kann.

Die verſchiedenen Arten der Heizung der Saugeſſen.

Außer der directen Erwärmung der angeſaugten Luft, wie wir ſie hier kennen gelernt haben, giebt es noch mehrere andere, die noch zu unterſuchen bleiben.

2072. Das Anſaugen der Ventilirungsluft durch die Aſchenkaſten der Oefen. — Die Eſſen der Heizapparate ſaugen gewöhnlich mittelſt 1 Kilogr. auf dem Roſt verbrannter Steinkohlen (207) 9 bis 18 Kubikmeter Luft an; dieſe Luft kann an Orten aufgeſaugen werden, welche ventilirt werden müſſen, und es koſtet daher dieſe Anſaugung durchaus nichts. Bedeckte man nur einen Theil des Roſtes mit Brennmaterial, ſo könnte man in ſehr ausgedehnten Grenzen verſchiedene Luftmengen anſaugen; es würde aber alsdann die Ventilirung weit mehr koſten, als durch eine beſondere Eſſe. Wir wollen annehmen, daß man durch einen Roſt 400 Kubikmeter Luft auf das Kilogr. Steinkohlen anſaugt, ſo iſt dies faſt ein Drittel von dem, was in gut vorgerichteten Lüftungsſeſſen vor ſich geht. Das Gewicht dieſer Luft würde $400 \times 1{,}3 = 520$ Kilogr. betragen. Ein kleiner Theil von den 8000 durch die Verbrennung erzeugten Wärmeeinheiten würde durch Strahlung in die den Roſt umgebenden Oberflächen des Ofens eindringen, während der andere Theil ſich in den übrigen 520 Kilogr. Luft vertheilt. Wollte man die von der Strahlung herrührende Wärme unbeachtet laſſen, ſo würde ſie, da $520 \times 0{,}24 = 124{,}8$ Wärmeeinheiten zur Erwärmung der Luftmaſſe um einen Grad erforderlich ſind, auf $\frac{8000}{124{,}8} = 64{,}10^{\circ}$ erwärmt werden; während, wenn die Eſſe nur 18 Kubikmeter Luft auf 18 Kilogr. Steinkohlen anſaugte, die verbrannte Luft mit 1200° aus dem Ofen ſtrömen müßte. Es folgt nun offenbar daraus, daß der Ofen, wenn er nun mit Dampf, warmem Waſſer oder warmer Luft geſpeiſt wird, eine um ſo geringere Wirkung hervorbringen würde, je bedeutender die angeſaugte Luftmenge wäre. Es iſt offenbar, daß, wenn der Ofen mit warmem Waſſer oder mit Dampf geſpeiſt wird und in einer erſten Periode der Heizung die Temperatur des Waſſers auch über 100° geſtiegen wäre, die angeſaugte Luft in einer zweiten Periode die Temperatur vermindern würde. Es hat demnach dieſe Art der Ventilation die Wirkung, die durch den Ofen geſtrömte Wärmemenge zu vermindern, ſie unter gewiſſen Umſtänden zu unterdrücken und ſelbſt die Luft auf Koſten der angehäuften Wärme zu erhitzen; unter Anderm auch die Temperatur der Luft in der Saugeſſe über die nöthige Grenze unnütz zu erhöhen.

2073. Eine bei den großen Ventilirungsapparaten beſtätigte Thatſache beſteht darin, daß es hinreichend iſt, der angeſaugten Luft eine Temperaturzunahme von etwa 20 Grad zu geben. Dieſe Temperatur würde

Digitized by Google

es daher sein, welche die Ofenwände haben müßten, damit die angesaugte Luft nicht mehr Wärme absorbiren könnte, als eine besondere Esse; alsdann würde aber der Ofen offenbar keine Wirkung haben.

2074. Da außerdem durch dieses System die Ventilirung und die Heizung durch denselben Rost hervorgebracht werden, so kann man weder das eine noch das andere reguliren, weil eine jede von beiden Wirkungen Wärmemengen erfordert, die nach verschiedenen Gesetzen verschieden sind. Kurz, man weiß bei dieser Art der Ventilirung niemals, was man für die Heizung oder für die Ventilirung thun soll.

2075. Uebrigens liegt offenbar ein in sich selbst begründetes Princip vor, von welchem man nur dann abgehen darf, wenn es die absolute Nothwendigkeit erfordert. Dies Princip besteht darin, die Ventilirung niemals von der Heizung abhängig zu machen, weil jene constant sein muß und weil diese, welche von der äußern Temperatur abhängt, in sehr ausgedehnten Grenzen verschieden sein muß.

2076. Das Ansaugen durch einen Ofen könnte nur dann vortheilhaft sein, wenn es 18 bis 20 Kubikmeter auf das Kilogr. Steinkohle nicht überstiege; diese Ventilirung ist aber im Allgemeinen sehr gering im Verhältniß zu derjenigen, welche hervorgebracht werden soll, und es wird dadurch nur eine sehr geringe Ersparung bewirkt. In den besonderen Essen wird die Luft selten über 20 Grad erwärmt; und die angewendete Wärme, um 20 Kubikmeter Luft erhitzen zu können, ist gleich $1{,}3 \times 20 \times 20 \times 0{,}24 = 124{,}8$ Wärmeeinheiten, und diese sind $\frac{124{,}8}{8000} = 0{,}016$ von der gesammten, durch das Brennmaterial hervorgebrachten Wärme. Eine solche Ersparung ist daher illusorisch, denn die Wirkungen, welche durch gleiche Brennmaterialgewichte auf demselben Rost und unter anscheinend gleichen Umständen hervorgebracht werden, sind innerhalb weit ausgedehnter Grenzen nach der Geschicklichkeit des Heizers verschieden. Es muß endlich auch noch hinzugesetzt werden, daß die von dem Rost des Heizofens angesaugte Luft die Widerstände des Circulationscanals und des Heizapparates zu überwinden haben würde, wodurch der Zug in der Esse zunehmen müßte.

2077. *Essen, in denen die angesaugte Luft die Verbrennung nicht speist.* — Gewöhnlich hat es nichts Nachtheiliges, die aus dem Ofen ausströmende Luft mit der angesaugten zu vermischen; wenn aber diese letztere explodirende Gemische enthält, oder wenn es gefährlich wäre, daß durch Einwirkung des Windes die Rauch enthaltende Luft in die ventilirten Räume zurückströmte, so muß die angesaugte Luft indirect erwärmt werden.

2078. Eine Einrichtung besteht darin, einen seitwärts angebrachten Rost zu benutzen und die verbrannte Luft durch eine Röhre ausströmen zu lassen, die sich in der Mitte der Saugesse befindet und über deren Oeffnung hinausgeht. Die Röhre und die Essen müssen mit einer Kappe versehen sein, um so viel als möglich den Einfluß der Winde zu verhindern, durch welchen die verbrannte Luft in die Zimmer zurücktreten kann. Es ist weit einfacher und fast immer hinreichend, die Rauchröhre nur einige Meter hoch zu machen, um die verbrannte Luft in die Lüftungsesse ausströmen zu lassen. Der untere Theil der Rauchröhre kann ohne Nachtheil rothglühend gemacht werden, da die explodirenden Gemische in den fortzuschaffenden

Digitized by Google

Gasen sich erst in der Weißglühhitze entzünden. Zur Vermehrung der Heizoberfläche könnte sich die Röhre in schlangenartigen Windungen in der Esse heben, allein in diesem Fall dürfen die nöthigen Vorsichtsmaßregeln zur inneren Reinigung der Röhren nicht unberücksichtigt gelassen werden. Eine andere Einrichtung besteht darin, die angesaugte Luft durch eine metallene Röhre strömen zu lassen, die in einer Esse von Ziegelsteinen angebracht ist, durch welche die verbrannte Luft strömt.

2079. Die Einrichtungen, wonach eine innere Röhre bis zu dem obern Ende der Esse geht, sind in Beziehung auf Brennmaterialersparung wenig vortheilhaft, weil die angesaugte Luft sich nur nach und nach erwärmt und die mittlere Temperatur in der Esse, um dieselbe Wirkung hervorzubringen, weit höher sein muß, als wenn die Luft bei ihrem Eintritt erwärmt worden wäre. Wenn sich die Luft nach und nach um t^0 erwärmt, indem sie sich bis zum obern Punkt erhebt, so ist die Temperatur der Luft, welche das Ansaugen bewirkt, gleich $\frac{t}{2}$, statt daß sie gleich t Grad sein würde, wenn die Luft diese Temperatur am untern Theile der Esse hätte. Es ist daher weit vortheilhafter, gänzlich oder theilweise mittelst eines Ofens zu erwärmen.

2080. Fig. 522 stellt einen sogenannten Wetterofen dar, der von Cockerill zu Seraing eingerichtet ist, um die Luft in einer Wetteresse zu erhitzen. Der Apparat ist neben der Esse angebracht und besteht in einer starken blechernen Röhre über dem Rost; das Ganze ist mit einem gemauerten Mantel umgeben, der oben und unten mit der Wetteresse in Berührung steht. Diese Vorrichtung kann nur einen geringen Nutzeffect haben, da die Heizoberfläche eine schlechte Einrichtung hat.

2081. Eine bessere Einrichtung bezüglich der Heizoberflächen und der leichten Reinigung besteht darin, die verbrannte Luft in horizontalen Röhren circuliren zu lassen. Die Einrichtung des Apparates kann die in Fig. 523 angegebene sein und besteht aus zwei Oefen mit horizontalen Röhren; ein sich drehendes Register nöthigt die angesaugte Luft, um die Röhren zu circuliren; die verbrannte Luft durchströmt nach und nach die verschiedenen horizontalen Reihen von oben nach unten, ehe sie sich in die Ausströmungsesse der verbrannten Luft, die in der Saugesse angebracht ist, begiebt.

2082. Es kann in einigen ausnahmsweisen Fällen zweckmäßig erscheinen, die Luft in der Saugesse mittelst eines Warmwasser- oder Dampfofens zu erwärmen, wie die Fig. 524 angiebt.

2083. Auf den ersten Blick scheint es, daß es in Beziehung auf die Regelmäßigkeit der Ventilirung, selbst wenn die angesaugte Luft ohne Nachtheil durch den Rost strömen könnte, stets vortheilhaft sei, diese Luft mittelst eines Warmwasserofens vor seinem Eintritt in die Esse zu erwärmen. Die kleineren Schwankungen der Intensität des Feuers würden durch die Masse des in Bewegung befindlichen Wassers ausgeglichen werden. Wie aber bringt die in den Zellengefängnissen von Mazas und der Providence, wovon wir weiter unten näher berichten werden, in der Esse eingeschlossene Wärme diese Einwirkung hervor? Es würde daher diese Einrichtung nur Nachtheil haben. Die Kosten für die ersten Anlagen und für Brennmaterial würden weit bedeutender sein.

Digitized by Google

2084. Es kommen jedoch Umstände vor, bei denen es nothwendig wird, diese Einrichtung anzunehmen; dies ist dann der Fall, wenn die Saugesse von den Rosten entfernt sind, wenn sie z. B. von den Tächern der Gebäude ausgehen, und es zeigen sich ernstliche Nachtheile, wenn man hier Oefen anbringt, da sie sich schwierig beaufsichtigen lassen und weit leichter Veranlassung zu einer Feuersbrunst geben könnten. Es sind dies aber Einrichtungen, die man vermeiden muß, da diese Essen nur geringe Höhen und einen geringen Zug haben; übrigens kommen wir auf diesen Punkt weiter unten, wenn wir von der Heizung und Ventilirung öffentlicher Gebäude reden, zurück.

2085. In einigen Apparaten hat man die Ventilirungsluft durch eine sehr lange Circulation von warmem Wasser in der Saugesse erwärmt; es ist dies aber die nachtheiligste Einrichtung, die man benutzen kann, indem ein großer Theil von der gebrauchten Wärme ohne Einfluß auf den Zug ist. Eben so wie in §. 2079 erwärmt sich die in der Esse aufsteigende, in Berührung mit der Warmwasserröhre stehende Luft nach und nach, und da der Zug einer Esse von der mittlern Temperatur derselben und vom Wärmeverbrauch der Luft am Ausgange abhängt, so folgt offenbar daraus, daß diese Heizmethode einen großen Wärmeverlust veranlaßt. Wenn z. B. die Luft in die Esse bei 15 Grad einträte und nach und nach bis auf 35 Grad erwärmt würde, so würde der Zug wesentlich derselbe sein, als wenn die Luft von unten nach oben 20 Grad betrüge, und man würde die zur Erwärmung bis auf 35 Grad nöthige Wärme verbraucht haben. Diese Einrichtung würde nur durch die Unmöglichkeit gerechtfertigt werden, am Boden der Esse einen Ofen anzubringen, oder die Luft, ehe sie in die Esse tritt, zu erwärmen.

2086. In allen durch die verbrannte Luft erhitzten Saugessen, mag nun die verbrannte Luft zur Verbrennung angewendet werden oder nicht, kann der Zug, da die Ausströmungsgeschwindigkeit der Luft sehr gering ist, durch die Winde beeinflußt werden, und es ist daher, wie wir schon wiederholt gesagt haben, der obere Theil der Esse mit einem Apparate zu versehen, um den Einfluß des Windes mehr oder weniger zu verhindern, weshalb wir auf die Apparate verweisen, die wir im ersten Bande dieses Werkes beschrieben haben. Es muß jedoch erinnert werden, daß die senkrechte Composante der Geschwindigkeit des Windes von oben nach unten sich nicht eben so viel vermindert, als die Ausströmungsgeschwindigkeit, und daß diese letztere nur dann erst 0 wird, wenn die Composante gleich der von dem Druck herrührenden Geschwindigkeit sein würde, die stets weit größer als die wirkliche ist (538).

Mechanische Ventilirung.

2087. Im vierten Buche dieses Werkes haben wir die verschiedenen Apparate, die man anwenden kann, um eine mechanische Ventilirung zu erlangen, übersichtlich beschrieben, und begnügen uns hier damit, die sich gleichenden allgemeinen Erscheinungen zu untersuchen; wir beschäftigen uns zuvörderst mit einer Vergleichung der relativen Posten einer Ventilirung durch eine Saugesse oder durch mechanische Mittel.

2088. Wir haben (57) gefunden, daß das Verhältniß R zwischen der mechanisch veranlaßten und der mittelst der Wärme einer Esse hervor-

Digitized by Google

gebrachten Kraft, unter Voraussetzung, daß eine Pferdekraft 4 Kilogr. Steinkohlen erfordere, durch die Formel gegeben sei:

$$R = \frac{2{,}118(1+at)}{aH};$$

in welcher t den Temperaturüberschuß der Luft in der Esse über die äußere Luft, a die Zahl 0,00365 und H die Höhe der Esse darstellt. Wenn man den Werth von R berechnet und annimmt, daß t nach einander gleich sei 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 100°, 200°, 300°, 400° und daß die Essenhöhen gleich 5 Met., 10 M., 15 M., 20 M., 25 M., 30 M., so erlangt man die folgenden Resultate:

t =		10°	20°	30°	40°	50°	100°	200°	300°	400°
H =	5 M.	120	124	129	133	137	158	200	243	285
=	10 M.	60	62	64	66	68	79	101	121	142
=	15 M.	40	41	43	44	45	53	66	81	95
=	20 M.	30	31	32	33	34	39	50	61	71
=	25 M.	24	25	26	26	27	31	40	48	57
=	30 M.	20	20	21	22	23	26	33	40	47.

2089. Man ersieht aus den obigen Zahlen, daß der Werth von R sehr rasch zunimmt in dem Maße, als auch t zunimmt und H sich vermindert, welches übrigens auch aus der Formel leicht zu ersehen ist. Der Werth von R würde doppelt sein, wenn man eine Maschine anwendete, die nur 2 Kilogr. Steinkohle auf die Pferdekraft verbrauchte. Bei allen Arten von Maschinen würde aber ein gewisser Kraftverlust bei der Bewegungsübertragung und in der Maschine selbst stattfinden. Der Nutzeffect kann von 0,20 bis 0,80 schwanken, was von der Art der angewendeten Maschine abhängt.

2090. Wir fügen noch hinzu, daß in sehr vielen Fällen Hochdruckmaschinen mit Expansion ohne Condensation sehr vortheilhaft angewendet werden können. Nimmt man 4 Atmosphären für den Dampfdruck auf den Kolben und $1\frac{1}{2}$ Atmosphäre für den Druck beim Austritt aus der Maschine, so findet man, daß der Wärmeverlust durch den Dampf 11 Wärmeeinheiten, d. h. $1\frac{3}{4}$ Proc. von den in dem Dampfe von 4 Atmosphären enthaltenen Wärmemengen beträgt.

2091. Die mechanische Ventilirung ist daher in ökonomischer Beziehung weit vortheilhafter als die durch Saugessen veranlaßte; allein diese Betrachtung ist nicht die einzige, die bei der Wahl der Ventilirungsmethode berücksichtigt werden kann. Man muß in jedem besondern Falle die Vortheile und Nachtheile eines jeden Systems erwägen, ehe man sich entscheidet, und es ist unmöglich, auf eine absolute Weise zu sagen, daß dieses oder jenes System unter allen Umständen, die man in der Anwendung trifft, vorzuziehen sei.

2092. Die mechanische Ventilirung kann nur angewendet werden, wenn es sich um eine sehr kräftige Ventilirung handelt, die eine sehr bedeutende Kraft erfordert. Sie hat den Vortheil, im Allgemeinen weit weniger Brennmaterial zu verbrauchen, als eine dieselbe Wirkung veranlassende Esse, und erfordert, wie wir sahen, nur wenig Kosten, sobald man

Digitized by Google

expandirte Dämpfe anwendet. Außerdem gestattet dieses System eine leichte und sichere Regulirung und eine zu jeder Zeit thunliche Messung, sowie sich die Ventilirung auch innerhalb sehr ausgedehnter Grenzen verändern läßt. Auf den ersten Blick scheint es, daß die mechanische Ventilirung in der Anlage weit kostbarer sei, als eine Esse; allein in den vielen Fällen, in welchen man schon einen Motor hat, kostet sie wegen der Verminderungen der Querschnitte der Leitungen weniger, und bei der Ventilirung großer Gebäude kostet sie im Allgemeinen wenigstens nicht mehr.

2093. Die Ventilirung durch eine Esse kann ebenso gut bei großen als bei kleinen Ventilirungen angewendet werden. Die Anlagekosten sind fast dieselben wie bei dem mechanischen System, allein die Betriebskosten sind fast immer bedeutender, besonders im Sommer, wenn die Luft nicht erwärmt ist. Man kann sie nur innerhalb sehr enger Grenzen und mit einer bedeutenderen Steigerung des Brennmaterialverbrauchs verändern. Endlich hat dieses System der Ventilirung unter gewissen Umständen große Schwierigkeiten, wenn die Ventilirung verschiedener Gebäude nothwendig bewirkt werden muß.

2094. Die mechanischen Ventilirungsapparate können auch durch Menschenhände in Bewegung gesetzt werden, und obgleich diese Arbeit mehr kostet, als wenn sie durch den Dampf bewirkt wird, so kommen doch Fälle vor, wo ihre Anwendung in anderen Beziehungen sehr vortheilhaft ist. Dieses ist z. B. in den Gefangenhäusern der Fall, wo die Arbeit wenig kostet, wo daher der Betrieb der mechanischen Ventilation unter diesen Verhältnissen sehr zweckmäßig erscheint.

2095. Wenn man die geringe Kraft betrachtet, welche selbst wichtige Ventilirungen erfordern, besonders wenn die Geschwindigkeiten nur sehr gering zu sein brauchen, so wird man auf eine eigenthümliche Methode der mechanischen Ventilirung geführt, die leicht anwendbar, aber wegen der aufmerksamen Beaufsichtigung, die sie erfordert, wenig sicher ist. Diese Methode besteht darin, die Arbeit eines Menschen während einer gewissen Zeit zur Hebung eines Gewichts auf eine gewisse Höhe zu verwenden; von dieser Höhe würde alsdann das Gewicht langsam mittelst eines ähnlichen Mechanismus, wie bei den Bratenwendern, herabfallen, und bei diesem Fall seine Leistung hervorbringen, bei geringen Ventilirungen kann dieses Verfahren mit großen Vortheilen angewendet werden.

Bemerkungen über die Bewegung der Luft an den ventilirten Orten.

2096. Soll ein Ort gehörig ventilirt werden, so ist es nicht hinreichend, ihm eine gewisse Luftmenge in einer gegebenen Zeit zuzuführen, denn die Luftströme, die einen Raum von dem Boden bis zur Decke in einer geringen Höhe durchströmen, werden offenbar zweierlei sein. Es könnten doppelte Strömungen von oben nach unten oder von unten nach oben entstehen, die einander mehr oder weniger nahe wären und von dem Ueberschuß der Temperatur der ausgeathmeten Luft über die umgebende herrühren; zur Verbesserung der Luft würden sie aber wenig beitragen. Als eigentlich wirksam kann man nur die Luftströmungen annehmen, welche durch denjenigen Theil eines Zimmers gehen, in welchem sich Menschen befinden, und besonders sind dies die senkrechten Ströme.

Digitized by Google

2096 bis. Die beste Art der Ventilirung würde darin bestehen, Luft an sehr vielen Punkten des Bodens einzuführen und durch Oeffnungen in der Decke ausströmen zu lassen; dadurch würde eine gleichförmige Ventilirung von unten nach oben entstehen. Diese Einrichtung würde in sofern vortheilhaft sein, als das Athmen stets durch reine Luft bewirkt würde; allein sie kann nur unter eigenthümlichen Umständen, z. B. in großen Amphitheatern, angewendet werden, weil die Eintrittsöffnungen an den senkrechten Theilen der Stufen oder hinter den Sitzen angebracht werden könnten. Gewöhnlich gelangt die warme Luft durch eine geringe Anzahl von Oeffnungen in dem Boden oder durch die inneren Röhren in den gut ventilirten Raum; alsdann strömen die Luftstrahlen in Folge der Geschwindigkeit, die von dem Ansaugen und von dem Ueberschuß ihrer Temperatur über die der umgebenden Luft herrührt, gegen die Decke; die Luft sinkt alsdann in wesentlich isothermen Schichten bis zu den Ausströmungsöffnungen, die sich in der Ebene des Bodens befinden. Im Sommer ist die Temperatur der innern Luft gewöhnlich höher, als die der äußeren; alsdann suchen die kalten Luftstrahlen, die in den Raum dringen, sich in Folge ihrer erlangten Geschwindigkeit senkrecht zu erheben, auf der andern aber, in Folge des Ueberschusses der innern Temperatur über die äußere, wiederum zu fallen; es könnte daher die angesaugte Luft nicht bis zu einer unzureichenden Höhe des Zimmers steigen, um sich zu erneuern. Um diesen Nachtheil zu vermeiden, müßte man den kalten Luftstrahlen eine horizontale Richtung geben; die Luft würde alsdann auf den Boden fallen, und wenn sich die Ausströmungsöffnungen in der Decke befänden, so würde der Raum von unten nach oben von der Ventilirungsluft durchströmt werden. In diesem letztern Falle würde die Ventilirung für die Gesundheit weit wirksamer sein, als während der Zeit der Heizung, weil die durch den Athmungsproceß verdorbene Luft unmittelbar in die Strömung gezogen werden würde. In dem Fall, in welchem die Luftstrahlen senkrecht und von oben nach unten gerichtet bleiben würden, müßte man stets die Ausgangsöffnungen am obern und am untern Theil vorrichten; die am untern Theil würden während der Winterszeit stets offen, die obern aber geschlossen bleiben. Während des Sommers würde man durch Versuche leicht erkennen, wann es zweckmäßig wäre, die Stellung der Ausgangsöffnungen zu verändern, und zu dem Ende würde die auf unsere Organe hervorgebrachte Wirkung eine zuverläßigere Angabe sein, als die feinsten chemischen Versuche. Es würde aber besser sein, die Eintrittsöffnungen der Luft in die Zimmer so vorzurichten, daß die Luftströmungen nach Belieben senkrecht oder horizontal errichtet werden könnten.

2096 ter. Die Ventilirung eines Raumes kann auf zwei Weisen bewirkt werden; entweder durch eine Verminderung oder durch eine Vermehrung des Druckes. Die Saugessen veranlassen stets die erstere Wirkung, während die Maschinen die eine oder die andere hervorbringen könnten. Wenn eine Verminderung der Pressung stattfindet, so ist es stets ein mehr oder weniger bedeutendes Volum der äußern Luft, welches durch die Ritzen der Thüren oder Fenster in das Zimmer dringt und Strahlen bildet, die sich auf mehr oder weniger bedeutende Längen ausdehnen. Wenn viel Zimmer vorhanden sind und man zwischen jedem Verbindungsröhren mit der Esse anbringen muß, so wird dadurch die Einrichtung des Apparates sehr verwickelt. Wird die Ventilirung durch einen Ueberschuß des Druckes hervor-

Digitized by Google

gebracht, so zeigen sich keine Strahlen durch die Thür- und Fensteröffnungen, und es können die Eintrittsöffnungen der Luft derart vorgerichtet werden, daß kein Nachtheil entsteht; der Austritt der Luft durch zweckmäßig angebrachte Oeffnungen kann schädliche Strömungen nicht hervorbringen, weil sich die Strahlen nicht im Aeußern zeigen. Außer diesen Wirkungen, von denen wir hier reden, giebt es bei diesen beiden Arten der Ventilirung einen Unterschied, der von gewisser Seite als nachtheilig auf die Gesundheit einwirkend angesehen worden ist; wir meinen nämlich die Verminderung des Druckes in dem ersten und die Zunahm desselben in dem zweiten Fall. Da aber diese Veränderungen sehr gering sind, indem sie selten einige Millimeter Wasser übersteigen, da sie folglich weit unter den gewöhnlichen Barometerveränderungen stehen, läßt sich die Behauptung, daß sie irgend einen Einfluß haben können, nicht durchführen. In allen Fällen besteht eine zu erfüllende richtige Bedingung in der Gleichförmigkeit der Ventilirung in allen bewohnten Räumen.

Allgemeine Bemerkungen über die verschiedenen Arten der Heizung.

2097. Um ein Zimmer in einer constanten Temperatur zu erhalten, muß man offenbar in einer gewissen Zeit eine Wärmemenge einströmen lassen, die gleich der ist, welche in derselben Zeit durch die Fenster und die Mauern entweicht; denn läßt man die Ventilirung unberücksichtigt, so findet kein anderer Wärmeverlust statt. Es hängt daher die einzuführende Wärmemenge nur von den Oberflächen ab, und der räumliche Inhalt des Zimmers hat nur einen indirecten Einfluß. Dennoch geben die meisten Constructeure von Heizapparaten zum Beweise der Wirksamkeit derselben die Größe der Zimmer an, welche sie heizen können. Es ist dies ein Irrthum, den man aber kaum berücksichtigt; denn es ist offenbar, daß Zimmer von gleicher Räumlichkeit, welche von Mauern von verschiedener Beschaffenheit und Dicke umschlossen sind, die nicht gleiche Anzahl von Fenstern haben, sehr verschiedene Wärmemengen erfordern, um bei gleicher äußerer Luft in einer constanten Temperatur erhalten zu werden.

2098. Wenn die Mauern augenblicklich die äußere Temperatur annähmen, so würde die einzuführende Wärmemenge in jedem Augenblick verschieden sein; da aber die Mauern viel Wärme aufnehmen, so kann die Menge der einströmenden Wärme und die äußere Temperatur in ziemlich ausgedehnten Grenzen verschieden sein, und dies kann auch je nach der Beschaffenheit und Dicke der Mauern einige Zeit dauern, ohne daß die innere Temperatur wesentliche Schwankungen erleidet. Vorausgesetzt, daß die Apparate, welche die Wärme mittheilen, eine hinlängliche Ausdehnung haben, kann die Feuerung stets eine solche sein, daß sie eine wesentlich gleichförmige Temperatur hervorbringt.

2099. Die zur Erhaltung der gleichförmigen Temperatur erforderliche Wärme kann durch Strahlung, durch heiße Luft oder durch beide im Verein hervorgebracht werden. Bei unseren Zimmeröfen rührt sie von der Strahlung her; sie ist hauptsächlich eine Folge der Berührung der Luft, wenn die entweder direct oder durch heißes Wasser oder durch Dampf erhitzten Oberflächen aus einem polirten Metalle bestehen und im Innern der Zimmer angebracht sind. Diese Wärme rührt nur von der heißen

Digitized by Google

Luft her, wenn die Heizoberflächen sich gänzlich außerhalb der Zimmer befinden. Endlich erfolgt sie fast gleichartig aus der Luft und durch die Strahlung, wenn die Heizoberflächen im Innern der Zimmer aus Gußeisen, aus nicht polirtem Blech oder aus Thon bestehen.

2100. Da die strahlende Wärme die Eigenschaft hat, die Luft zu durchströmen, ohne wesentliche Verluste zu erleiden, so würden die Strahlen, wenn ein Zimmer nur durch Strahlung erwärmt wird, sich fast gänzlich gegen die Fenster und die Mauern verlieren, die von den letztern aufgenommene Wärme würde die Luft erhitzen, es würden an ihren Oberflächen aufsteigende und im Innern des Zimmers niedergehende Strömungen entstehen. Durch diese Art der Heizung, welche die unserer Wohnzimmer ist, erreicht die Luft niemals eine hohe Temperatur, um so mehr, da stets eine bedeutende Ventilirung veranlaßt wird, und selten mit vorher durch einen Theil der Wärme des Rauchs aus dem Ofen erwärmter Luft.

2101. Wenn ein Zimmer durch einen warmen Luftstrahl erwärmt wird, so erreicht diese Luft den obern Theil und kühlt sich rasch ab; es entstehen längs der Wände niedergehende Ströme, welche sie erwärmen und eine gleichförmige Temperatur veranlassen, die daher bei dieser Heizung leicht erhalten werden kann.

Nach dem Gesagten ist es möglich, sich Rechenschaft von der Wirkung zu geben, wenn die Heizung zu gleicher Zeit durch Strahlung und durch Berührung der Luft bewirkt wird.

2102. In dem Vorhergehenden ist angenommen, daß die Temperatur des Zimmers stets in einer gewissen Höhe erhalten worden. Jedoch ist es nur in den Krankenhäusern nöthig, die Temperatur in den Sälen Tag und Nacht in derselben Höhe zu erhalten. Diese Gleichartigkeit kann durch eine fortwährende Verbrennung in den Oefen, oder wenn diese in der Nacht unterbrochen werden muß, durch Warmwasserbehälter erlangt werden, die sich nur langsam abkühlen; haben aber die Mauern eine hinreichende Dicke, so ist die Wärme, die sie enthalten, fast immer hinreichend, um die Temperatur während der Nacht ohne wesentliche Verminderung zu erhalten.

2103. Im Allgemeinen ist, wenn die Gebäude hinreichend dicke Mauern haben, das Feuern während der Nacht unnütz, und man kann fast unter allen Umständen durch eine lebhafte Feuerung am Morgen in wenigen Stunden zum großen Theil die in der Nacht erfolgten Verluste wieder ersetzen.

2104. Haben die Mauern aber nur eine geringe Dicke, wie dies in manchen Fabriken der Fall ist, so kühlen sie sich während der Nacht wesentlich ab; man gelangt aber sehr leicht zu einer gehörigen Wiedererwärmung, wenn man die Heizung früh genug vor Ankunft der Arbeiter vornimmt, wobei aber die äußere Temperatur stets berücksichtigt werden muß.

2105. Wenn die Gebäude dicke Mauern haben und die Zimmer nur an gewissen Tagen und zu bestimmten Stunden benutzt werden, so würde es eine große Ausgabe verursachen, die Mauern in einer gewissen Temperatur zu erhalten oder dieselbe vollständig herzustellen, sobald die Zimmer benutzt werden müssen. Man muß alsdann durch ein einige Stunden dauerndes sehr lebhaftes Feuern die Mauern theilweise wiederum erwärmen und ihre geringere Temperatur durch eine stärkere Feuerung während der Bewohnung der Zimmer wieder erhöhen.

Digitized by Google

2106. In allen Fällen, mit Ausnahme der Küchenfeuerungen, wird die von dem Ofenrost entwickelte Wärme zur Erhitzung der Oberflächen, welche alsdann die Wärme fortpflanzen, benutzt; letztere können nun entweder direct oder mit Dämpfen oder mittelst heißen Wassers erwärmt werden. Daraus ist eine große Verschiedenheit in der Beschaffenheit der Apparate entstanden. Jede Heizungsmethode hat ihre Vortheile und ihre Nachtheile; außerdem hat jedes zu erhitzende Gebäude eigenthümliche und oft sehr verschiedenartige Verhältnisse. Es giebt daher keine Art der Heizung, die in allen Fällen stets zweckmäßiger als die übrigen wäre.

2107. Wir müssen uns hier darauf beschränken, die Vortheile und die Nachtheile der gebräuchlichsten Heizmethoden, die in öffentlichen Gebäuden angewendet werden, zu untersuchen: es lassen sich diese Methoden auf fünf zurückführen.

Die erste und älteste besteht in den gewöhnlichen Kaminen und Oefen, von denen jedes und jeder einen besondern Rost oder Herd hat.

Die zweite besteht in sogenannten Lufterhitzungsöfen, die außerhalb der zu erwärmenden Zimmer liegen und in dieselben warme Luft einströmen lassen.

Die dritte besteht in Dampfapparaten, die in den zu erwärmenden Räumen angebracht sind.

Die vierte besteht in Warmwasseröfen, die durch einen in einem Kellerraum angebrachten Kessel erwärmt werden.

Die fünfte endlich besteht in Warmwasseröfen, welche besondere Circulationen bilden, deren Reservoire durch Dampf erhitzt werden.

2108. Die erste Heizmethode, diejenige, wobei jedes Zimmer durch einen besondern Apparat erwärmt wird, hat die großen Nachtheile, einer zu sorgfältigen Abwartung und vielen Brennmaterials zu bedürfen und dadurch oft eine zu hohe Temperatur zu bewirken. In großen Etablissements giebt man diese Art der Heizung immer mehr und mehr auf und zieht es vor, ein allgemeines System zu benutzen, welches eine größere Ersparung und regelmäßige Wirkungen darbietet.

2109. Die zweite Methode, welche in der sogenannten Luftheizung besteht, indem die außerhalb der Zimmer erwärmte Luft in dieselben eingeführt wird, kann nur dann vortheilhaft angewendet werden, wenn die warme Luft keinen langen Weg zurückzulegen hat, indem sich dieselbe wegen ihrer geringen Wärmecapacität sehr leicht abkühlt. Es ist daher die Luftheizung nur da vortheilhaft, wo die zu heizenden Zimmer nahe an einander liegen, und die warme Luft in der Dicke der innern Mauern circulirt. In diesem Falle sind die einfachsten und wohlfeilsten Luftheizöfen diejenigen, bei denen die Wärme unmittelbar von der verbrannten auf die kalte Luft durch metallische Oberflächen übergeht. Die Dampf- und die Warmwasseröfen haben den Vorzug, die Temperatur der kalten Luft zu beschränken, wozu bei letzteren auch noch der Vortheil tritt, daß das Wasser auch nach dem Erlöschen des Feuers noch eine gewisse Zeit warm bleibt. Die Luftheizungen können aber so eingerichtet werden, daß eine Ueberhitzung der Luft nicht zu befürchten ist, und wenn man ununterbrochen gespeiste Roste anwendet, so bedürfen auch diese Apparate keiner so bedeutenden Aufsicht.

2110. Bei diesem System wird die Ventilirung zu gleicher Zeit mit der Heizung bewirkt, denn die Zimmerluft muß auf irgend eine Weise aus-

Digitized by Google

strömen, um der von dem Heizgewölbe herkommenden warmen Luft Platz zu machen. Die Ventilirung durch die bloße Wirkung des Heizapparates ist aber sehr unregelmäßig; soll sie constant sein, so ist ein regelmäßiges Ansaugesystem, oder ein regelmäßiges Eintreiben von Luft erforderlich. Es ist auch zweckmäßig, zu bemerken, daß, wenn die Ventilirung sehr schwach wäre, die warme Luft mit einer zu hohen Temperatur in das Zimmer gelangen müßte, welches wesentliche Nachtheile haben würde.

2111. Die dritte Heizungsmethode, die durch Dampföfen, erfordert eine sorgfältige Beaufsichtigung und Wartung, sowohl beim Schüren des Feuers, als auch bei der Regulirung der Hähne. Es ist diese Heizung hauptsächlich dann sehr vortheilhaft, wenn die Feuerstellen nur in großer Entfernung von den zu erhitzenden Räumen angebracht werden können, da man den Dampfleitungsröhren einen geringen Durchmesser geben kann und der Dampf in denselben nur eine geringe Verdichtung erleidet, sobald die Röhren sorgfältig mit schlechten Wärmeleitern umgeben sind; man bedarf auch in den größten Anlagen nur eines Kesselofens. Die Dampfheizung ist auch zur Heizung von Räumen mit schwachen Wänden und vielen Fenstern sehr vortheilhaft, weil man, ungeachtet der größten Verschiedenheit der äußern Temperatur, sehr leicht gleiche Wärmegrade erhalten kann, eine Temperaturpermanenz, die man bei den anderen Heizsystemen nicht zu erlangen im Stande ist.

2112. Die vierte Heizungsmethode ist diejenige, bei welcher warmes Wasser in gußeisernen oder blechernen Oefen circulirt. Die Apparate bestehen, wie schon bemerkt (1724), gewöhnlich aus einem blechernen Kessel, der in einem Kellerraum angebracht und mit einer Röhre versehen ist, die in die oberen Räume hinaufreicht, wo sie in ein offenes oder verschlossenes Expansionsgefäß ausgeht. Von dem Boden des Expansionsgefäßes aus laufen Röhren, welche das Wasser einer gewissen Anzahl von Oefen in einem Stockwerke zuführen, von denen es in den untern Theil des Kessels zurückfällt.

2113. Man hat diese Einrichtung dahin abgeändert, daß mehrere Nachtheile der vorhergehenden wegbleiben. Der Kessel befindet sich stets in einem Kellerraum, aber die Röhre, welche das Wasser dem im obern Theile des Gebäudes angebrachten Expansionsgefäße zuführt, bildet keinen Theil der Circulation des warmen Wassers. Von dem obern Theile des Kessels aus geht eine horizontale Röhre, welche sich der ganzen Länge des Gebäudes nach erstreckt und auf Rollen liegt, um den Temperaturveränderungen nachzugeben. Auf dieser Röhre sind senkrechte Röhren von einem sehr geringen Durchmesser angebracht, die sich nach den verschiedenen Stockwerken erheben, wo sie einen oder mehrere Oefen speisen, und die das Wasser zurückführenden Röhren liegen neben den Steigeröhren in Vertiefungen in der Mauer, wo sie leicht untersucht werden können; wir kommen später auf diese Einrichtung zurück.

Die Apparate zur Warmwasserheizung, die wenigstens eben so verwickelt und vielleicht noch verwickelter als die Dampfheizungsapparate sind, haben den Vortheil, eine weniger sorgfältige Wartung zu erfordern. Selbst bedeutende Schwankungen bei der Speisung des Rostes haben fast gar keinen Einfluß auf die mittlere Temperatur des warmen Wassers, da dieses eine große Masse bildet, und in Folge dieses Umstandes kann auch die Heizung während der Nacht fortdauern, selbst wenn man das Feuer gänz-

Digitized by Google

lich abgehen läßt, indem die Abkühlung stets nur eine geringe ist. Es sind aber diese Apparate sehr kostbar. Der auf das Wasser, besonders in den unteren Theilen des Apparates und selbst bei offenem Expansionsgefäße, ausgeübte Druck ist sehr bedeutend, indem er für je 10,33 Meter Höhe einer Atmosphäre entspricht, und nimmt sehr zu, wenn das Expansionsgefäß verschlossen ist. Es steht daher zu fürchten, daß das sehr heiße Wasser entweicht und Schaden hervorbringt. Wie schon bemerkt, kann in Folge der großen, in Circulation befindlichen Warmwassermasse die Temperatur derselben nur sehr langsame Veränderungen, selbst bei bedeutenden Verstärkungen der Rostfeuerung erleiden. Wenn nun die Mauern nur eine geringe Stärke hätten, die Fenster aber große Flächen bildeten, so würde eine schnelle Steigerung oder Verminderung der äußern Luft, damit die innere Temperatur nicht wechsele, eine Verminderung oder Steigerung in den mittleren Temperaturen des in Circulation stehenden warmen Wassers veranlassen, eine Veränderung, die nur in langer Zeit herbeigeführt werden kann, während welcher die innere Temperatur zu niedrig oder zu hoch sein würde.

2114. Der angegebene Nachtheil vermindert sich, wenn die Mauern eine größere Stärke und die Fenster eine geringere Ausdehnung haben, weil alsdann die Mauern Wärme absorbiren oder entwickeln, wodurch die inneren Temperaturschwankungen, welche von der äußern Luft und von der Temperaturpermanenz des warmen Wassers herrühren, vermindert werden. Da aber die Absorption oder die Entwickelung der Wärme durch die Mauern nicht augenblicklich stattfindet, und die von der Heizoberfläche, von der Strahlung und der Luft entwickelte Wärme das Zimmer durchströmt, ehe sie die Mauern erreicht, so hat der Einfluß der äußern Temperaturveränderungen auf die Heizung stets noch eine, wenn auch nur geringe Wirkung. In allen Fällen hat die Warmwasserheizung denselben Nachtheil, wie eine Maschine, die in jedem Augenblick ihre Geschwindigkeit verändert und zur Ausgleichung ihrer Bewegung mit einem ungeheuren Schwungrade versehen ist. Es ist demnach diese Gleichartigkeit der Wirkungen der Warmwasserheizung, die von Vielen als ein Vortheil angesehen, wirklich nur ein sich in allen Fällen zeigender Nachtheil; nur ist derselbe der regelmäßigen Heizung wenig nachtheilig, wenn die Mauern sehr dick sind und die Fenster verhältnißmäßig eine geringe Oberfläche haben. Alle diese aus theoretischen Betrachtungen hervorgehenden Thatsachen stimmen, wie wir weiter unten sehen werden, vollkommen mit der Erfahrung überein.

2115. Auf den ersten Blick scheint es, als wenn die der Warmwasserheizung durch Circulation zugeschriebenen Nachtheile dadurch vermindert werden könnten, wenn man die in den Kessel und in den Oefen eingeschlossene Wassermasse verminderte, ihre freien Oberflächen aber beibehielte. Es würden aber alsdann die Veränderungen der Rostfeuerung einen weit größern Einfluß haben und die nach und nach von demselben Strom warmen Wassers durchzogenen Oefen könnten alsdann sehr verschiedene Temperaturen haben. Man kommt sonach auf die Nachtheile der andern Heizmethoden, die sich auf die Leistung des Feuers beziehen.

2116. Das letztere Heizsystem endlich wird durch warmes Wasser gebildet, das aus durch Dampf geheizten partiellen Circulationen besteht. Es hat alle Nachtheile der Warmwasserheizung durch Circulation, nur daß der Druck keine Einwirkung hat. Dieses zuerst von Herrn Grouvelle

Digitized by Google

in dem Mazasgefängniß angewendete System kann nur dann vortheilhaft sein, wenn die zu erwärmenden Räume fern von den Punkten sind, wo die Feuerstellen angelegt werden können, und auf eine große Regelmäßigkeit der Temperatur nicht gehalten zu werden braucht.

2117. In jedem besondern Falle wird eine Untersuchung der zu erfüllenden Bedingungen und ihrer relativen Wichtigkeit die zweckmäßigste Heizmethode erkennen lassen.

2118. Bei allen Systemen ist es unerläßlich, der warmen Ventilirungsluft eine zweckmäßige hygrometrische Beschaffenheit zu geben, indem man eine gewisse Wasserdampfmenge einführt, weil die Luft durch ihre Temperaturerhöhung austrocknet, alsdann die Transpiration steigert und einen nachtheiligen Einfluß auf die Gesundheit ausübt.

2119. Directe Heizung durch die Verbrennung. — In dem bis jetzt Gesagten wurde angenommen, daß die erzeugte Wärme indirect den zu erwärmenden Räumen und die Ventilirungsluft durch Oefen verschiedener Art mitgetheilt wurde. Verbrennt man das Brennmaterial direct in den Zimmern, so könnte man eine sehr wohlfeile Heizung und Lüftung hervorbringen, denn es würde die ganze Wärme benutzt werden, und würden alle complicirten Apparate, durch welche der Wärmeverlust mitgetheilt wird, wegbleiben können. Es ist daher von Wichtigkeit, diese Frage genau zu untersuchen, und um so mehr, da diese außer für die Heizung auch für die Athmungsprocesse selbst sowie für alle Beleuchtungsapparate von Wichtigkeit ist.

2120. Es ist zuvörderst ganz klar, daß man nur solche Brennmaterialien anwenden könnte, die keinen Rauch hervorbringen, oder wenigstens nur solche, die man vollständig verbrennen kann. Diese Brennmaterialien sind: die Holzkohlen, die Coaks, das Leuchtgas und die Brennöle.

2121. Bei den Holzkohlen und den Coaks müßte der Apparat zuvörderst so eingerichtet sein, daß die Kohlenoxydgasbildung vollständig vermieden würde. Es scheint, daß dieses vollständig gelingt, wenn man Holzkohlenpulver in sehr dünnen Schichten in sehr weiten metallenen Gefäßen verbrennt und wenn man das Brennmaterial von unten erneuert; die Verbrennung wird in Folge einer doppelten Bewegung der Luft von unten nach oben und von oben nach unten bewirkt; sie ist sehr langsam, weil die Luft niemals in die Holzkohlenmasse eindringt, und weil sich Asche absetzt. Die zur Erwärmung von 1 Kubikmet. Luft von 0 bis 1 Grad und unter dem gewöhnlichen Druck erforderliche Wärmemenge beträgt $1{,}3 \times 0{,}24 = 0{,}312°$; die durch die Verbrennung von 1 Kilogr. Holzkohle in 1000 Kubikmet. Luft erlangte würde sich auf $\frac{8000}{312} = 25{,}64$ Grad erheben; die erzeugte Kohlensäuremenge würde sein 3,65 Kilogr. oder $\frac{3{,}65}{1{,}98} = 1{,}84$ Kubikmet., und das Verhältniß in der Luft 0,00184.

Wenn sich daher kein Kohlenoxyd bildete, wenn keine Wärme durch die Fenster und die Mauern verloren ginge, und wenn man endlich die Ventilirung nach der Steigung der Temperatur reguliren könnte, so würde man eine sehr wohlfeile und gesunde Heizung erhalten. Jedoch würde die Leitung des Feuers sehr viel Sorgfalt erfordern, um fest überzeugt sein zu können, daß sich kein Kohlenoxyd bildet, und da im Allgemeinen

stets eine große Wärmemenge von den Fensterscheiben und den Mauern absorbirt wird, so könnte die Temperaturſteigerung nicht zur Angabe der Ventilirung dienen. Man würde alsdann Gefahr laufen, daß die Luft durch zu viel Kohlenſäure ungefund würde. Die Nachtheile, welche dieſe Art der Heizung haben kann, ſind ſo bedeutend, daß ſie ungeachtet ihrer ökonomiſchen Vortheile in gewiſſen Fällen für bewohnte Zimmer durchaus nicht angewendet werden kann. Dagegen wird man ſie ohne Gefahr in Vorzimmern und Gängen benutzen können, wo das häufige Oeffnen der Thüren eine reichliche Ventilirung veranlaßt und Perſonen ſich nicht aufhalten. Im ſüdlichen Frankreich, in Spanien und in einem Theile von Amerika, wo die Wohnzimmer im Allgemeinen ſehr ſchlecht verſchloſſen und ſehr hoch ſind, iſt die außerordentliche Einfachheit und Leichtigkeit, mit welcher man den Ofen aus dem einen Zimmer in das andere transportiren kann, der Grund einer häufigen Benutzung.

2122. Die Heizung mit Leuchtgas iſt nicht ſo gefährlich, als die durch Verbrennung von Holzkohlen veranlaßte, und zwar wegen der Kohlenoxyderzeugung; mit gewöhnlichen Brennern und mit der Einrichtung von Heizapparaten iſt die Verbrennung vollſtändig, und die entſtehenden Gaſe ſind größtentheils aus Waſſerdampf und Kohlenſäure zuſammengeſetzt. Nimmt man an, daß das Leuchtgas nur aus einfachem Kohlenwaſſerſtoffgas beſteht, ſo würde es dem Gewicht nach 0,75 Kohlenſtoff und 0,25 Waſſerſtoff enthalten; ſein Wärmeeffect würde 1300 betragen. Man würde daher für das Gewicht des durch die Verbrennung von 1 Kilogr. erzeugten Waſſerdampfes $0{,}25 \times 9 = 2{,}25$ Kilogr. Gas haben; für das der Kohlenſäure $0{,}75 \times 3{,}65 = 2{,}73$ Kilogr., und für das Volum dieſer letztern $\frac{2{,}73}{1{,}98} = 1{,}37$ Kubikmet. Wenn man demnach 1 Kubikmet. Gas, welches 0,26 Kilogr. wiegt, verbrennte, ſo würde die hervorgebrachte Wärme gleich ſein $1300 \times 0{,}76 = 9880$ Wärmeeinheiten, das Volum der erzeugten Kohlenſäure würde ſich auf $1{,}37 \times 0{,}76 = 1{,}04$ Kubikmet. erheben und das Gewicht des Waſſerdampfes auf $2{,}35 \times 0{,}76 = 1{,}71$ Kilogr. Wenn die erzeugte Wärme in 1000 Kubikmet. Luft vertheilt wäre, ſo würde die Temperatur dieſer Luft um $\frac{9880}{312} = 31{,}16^0$ ſteigen; das Verhältniß der Kohlenſäure würde 0,00104 betragen, und jedes Kubikmet. würde 0,0017 Kilogr. Waſſer enthalten, während der Gehalt bei der Sättigung 0,032 Kilogr. betragen würde. Es kann darnach die Heizung durch die directe Verbrennung des Leuchtgaſes ſehr geſund ſein, vorausgeſetzt, daß die Ventilirung und die hygrometriſche Beſchaffenheit ſehr zweckmäßig iſt. Der Zuſtand der Ventilirung könnte durch die Temperatur angegeben werden, wenn durch die Wände des Zimmers wenig Verluſte ſtattfinden, wenigſtens im Verhältniß der in derſelben Zeit erzeugten Wärme. Dieſe Heizungsmethode iſt beſonders vortheilhaft, wenn die Gasbrenner zu gleicher Zeit zur Beleuchtung angewendet werden, weil dieſe letztere Einrichtung die Koſten der Erwärmung trägt. Müßte aber das Gas nur zur Erwärmung angewendet werden, ſo würde dieſe weit koſtbarer ſein, als mit feſten Brennmaterialien. Zu Paris liefert die allgemeine Geſellſchaft das Gas dem Conſumenten zu 0,30 Frcs. das Kubikmet., ſo daß die 1000 Wärmeeinheiten $\frac{1000 \times 0{,}30}{9880} = 0{,}03$ Frcs. koſten, während 1000 Wärmeein-

Digitized by Google

heiten aus der Steinkohle erzeugt werden, welche etwa 0,05 Frcs. das Kilogr. kostet und woraus man 6000 Wärmeeinheiten erzeugen kann, die $\frac{0,05}{6} = 0,085$ Frcs. kosten. Es kommen jedoch Umstände vor, bei denen diese Art der Heizung vortheilhaft ist, z. B. wenn die Luft eines großen verschlossenen Raumes sehr schnell erwärmt werden soll.

Die vorhergehenden Betrachtungen setzen voraus, daß das Gas rein ist, was aber durchaus nicht der Fall ist; es enthält immer fremdartige Stoffe, welche die Resultate unserer Rechnung verändern und den Wärmeeffect auf 10000 oder 11000 vermindern, je nach dem Grade der Unreinheit. Ihre Verbrennung veranlaßt einen oft sehr üblen bemerkbaren Geruch und flüchtige Produkte, welche Vergoldungen und andere Ornamente angreifen.

2123. Man kann aber auch die Luft leicht mit Gasöfen erwärmen, welche dieselbe Einrichtung, wie die mit gewöhnlichem Brennmaterial gefeuerten, haben. Die Apparate würden weit einfacher sein, indem man die Leitungsröhren nicht zu reinigen braucht. Es müßte übrigens dem Brenner die möglichst wenigste Luftmenge zugeführt werden, um die Luft in einer höheren Temperatur circuliren zu lassen, ein Umstand, wodurch die durch Heizoberflächen gehende Wärme und der Wärmeverlust der Esse bedeutend vermindert wird. Durch diese Heizmethode würde freilich die erwärmte Luft verändert werden, allein sie würde theurer sein, als directe Heizung, und es giebt daher nur wenige Fälle, in denen man sie benutzen könnte.

2124. Alles, was über die Heizung durch Gasverbrennung gesagt wird, läßt sich auch auf die Heizung durch die anderen Beleuchtungsmethoden, die Lampen und die Kerzen, anwenden, allein die Kosten würden noch weit bedeutender sein. Da aber Kerzen und Lampen stets Licht und auch Wärme hervorbringen, so dürfte es von Interesse sein, ihre Wirkung zur Erwärmung zu kennen. Bei dem Wachs, dessen Wärmeeffekt 11000 ist, müßte die Verbrennung von 1 Kilogr. die Temperatur von 1000 Kubikmet. Luft auf 35,2° erhöhen; es würden 1,508 Kubikmet. Kohlensäure entstehen, und das Verhältniß dieses Gases in der Luft würde alsdann 0,0015 sein. Das Gewicht des entstandenen Wasserdampfes würde 25 Kilogr. betragen, so daß jedes Kubikmet. 0,00125 enthielte, während Luft von 35° kaum 0,031 Kilogr. auflösen. Bei dem gewöhnlichen Brennöl, dessen Wärmeeffekt 10410 ist, würde die Verbrennung von 1 Kilogr. die Temperatur von 1000 auf 33,33° erhöhen; das Volum der erzeugten Kohlensäure würde 1,42 Kubikmet. sein, das Verhältniß derselben in der Luft 0,00142. Das Gewicht des erzeugten Dampfes würde 1,197 Kubikmet. betragen, und auf das Kubikmet. 0,00019 Kilogr., während bei dieser Temperatur 1 Kubikmet. Wasser 0,029 Kilogr. Dampf auflösen könnte.

2125. Bemerkungen über die zur Heizung angewendeten Wärmemengen. — Wir wollen zuvörderst annehmen, daß die Heizung eine ununterbrochene sei und die Temperatur der Zimmer Tag und Nacht auf denselben Punkten erhalten werde. Der Unterschied zwischen den Temperaturen der inneren und äußeren Wärmeoberflächen ist unbedeutend, und man könnte daher, ohne sich weit von der Wahrheit zu entfernen, annehmen, daß, wenn die in das Innere eingeführte Wärmemenge zweckmäßig ist, die Temperatur der Mauern im Allgemeinen stets dieselbe bleiben muß, und die angewendete Wärmemenge im Verhältniß zu dem Ueber-

Digitized by Google

schuß der mittleren Temperatur über die größere stehen wird. Es hat dies wirklich die Erfahrung in mehreren großen Etablissements, die auf verschiedene Weise geheizt worden sind, wie wir es weiter unten bei der Erwärmung der Kirchen und Zellengefängnisse sehen werden, bestätigt. In dem vorliegenden Falle muß die durch die Mauern, durch die Sohlen und durch den obern Theil der Gebäude verlorene Wärmemenge bestimmt werden, und wir wollen zuvörderst diese beiden letzten Punkte untersuchen.

2126. Der Wärmeverlust durch die Sohle der Gebäude ist sehr gering und kann fast stets unberücksichtigt bleiben. Wirklich liegt in unseren Klimaten die Schicht der constanten Temperatur fast 8 Meter tief und die Temperatur in derselben ist der mittlern jährlichen Temperatur, d. h. 10 bis 11 Grad, gleich. Diese Tiefe setzt voraus, daß die Bodenoberfläche frei ist; auch verändert sie sich mit der Beschaffenheit des Gebirges; unter mit Gebäuden bedeckten Punkten muß sie abnehmen, weil diese Punkte den täglichen und jährlichen Temperaturveränderungen entzogen sind, hauptsächlich wenn die Gebäude Kellerräume haben. Der in einer constanten Temperatur erhaltene Boden der Gebäude kann nur wenig Wärme mittheilen, wovon der Grund soeben angegeben und auch in den permanenten Wärmeströmungen liegt, die aus großen Tiefen herrühren. Es ist dies übrigens eine durch die Erfahrung vollkommen bestätigte Thatsache.

2127. Da sowohl die öffentlichen als auch die Privatgebäude oben stets mit einem horizontalen hölzernen Boden abgeschlossen sind, der eine bedeutende Stärke hat und dessen untere Seite die Decke der untern Etage bildet, und da dieser hölzerne Boden, der die Wärme schon so schlecht leitet, den Dachstuhl und das Dach trägt, so kann man den Wärmeverlust durch den obern Theil des Gebäudes unberücksichtigt lassen. Dasselbe Verhältniß zeigt sich bei den Kirchen, deren Gewölbe aus Steinen bestehen, weil das Dach im Allgemeinen von einer großen Menge von Holzstücken getragen wird, welche die Wärme sehr langsam verbreiten. Wenn aber die Kirchen keine Gewölbe unter dem Dache haben, so veranlaßt der obere Theil einen Wärmeverlust, welcher von der Beschaffenheit der Materialien und ihrer Dicke abhängt.

2128. Man hat sich demnach meistens nur mit der Mittheilung der Wärme durch die Mauern und Fenster zu beschäftigen. Wir haben im ersten Bande die durch das Quadratmeter und in der Stunde durch die Mauern und Fenster in den äußersten Fällen, die aber in der Wirklichkeit selten vorkommen, durchgelassenen Wärmemengen berechnet; es ist ganz offenbar, daß diese Größen von den Gesammtoberflächen der Fenster und der Mauern abhängen. Wir wollen für die verschiedenen besondern Fälle die Veränderungen, welche die angegebenen Zahlen erleiden, untersuchen.

2129. Temperatur der Monate, in denen zu Paris geheizt wird. — Da die Kenntniß der mittleren Temperaturen der Monate, in denen gefeuert werden muß, zur Bestimmung der Oberflächen, durch welche die Wärme durchgelassen wird, unerläßlich ist, indem auch danach die mittleren Brennmaterialmengen bestimmt werden müssen, so werden hier folgende Resultate der Beobachtungen auf der Sternwarte zu Paris mitgetheilt.

2130. Man heizt in Paris 7 Monate im Jahre, d. h. vom Anfang des Octobers bis zu Ende des Aprils; die mittlere Temperatur dieser 7 Monate, aus zehnjährigen Beobachtungen abgeleitet, beträgt 6,4 Grad;

Digitized by Google

allein es kann die mittlere Temperatur von 2,71 bis 8,71° schwanken. Nimmt man die innere Temperatur auf 15° an, so wird der mittlere Ueberschuß der innern über die äußere 8,6° sein; und es könnte dieser Ueberschuß von 15° — 2,71° = 12,29° bis 15° — 8,71° = 6,29° schwanken.

2131. Wenn die Heizung eine unterbrochene ist, so ist es unmöglich, nur annähernd den Brennmaterialverbrauch zu berechnen, der erforderlich ist, um die Zimmer während einer gewissen Zeit in einer gewissen Temperatur zu erhalten, da ein sehr wesentlicher Theil der erzeugten Wärme von den Mauern absorbirt wird, und diese Menge nach der Dicke und der Beschaffenheit der Mauern, wie nach der äußern Temperatur, der Dauer und der Unterbrechung der Heizung verschieden ist.

2132. Bei großen öffentlichen Gebäuden, bei denen die Temperatur eine gleiche bleiben muß, wie in den Krankenhäusern und den Zellengefängnissen, muß dem Entwurf zu der Anlage auch eine Berechnung der größten Wärmemengen, die unter den ungünstigsten Umständen eingeführt werden müssen, sowie auch der mittleren Wärmemenge, die während der Dauer der Heizung verbraucht wird, beigefügt sein. Der Brennmaterialverbrauch läßt sich leicht aus der einzuführenden Brennmaterialmenge anführen, allein man muß in jedem Fall die verlorene Wärme berücksichtigen, die sich bis auf 50 Proc. beläuft.

2133. Die Dimensionen der Apparate müssen für die ungünstigsten Umstände berechnet werden. Uebrigens könnte man für die Heizoberflächen etwas unter denen bleiben, welche dem Minimum der äußern Temperatur entsprechen, wenigstens wenn dies Minimum nicht von langer Dauer ist, wie dies in dem größten Theil von Frankreich der Fall. Ebenso kann dies der Fall sein, wenn die Mauern eine große Dicke haben, weil die große Wärmemenge, welche sie umschließen, hinreichend ist, um einen einzelnen starken Frost unberücksichtigt zu lassen. Wenn übrigens die innere Temperatur während der stärksten Fröste um 1 oder 2° sinkt, so würde man dies nicht bemerken, indem das Gefühl, welches man in erwärmten Räumen aufnimmt, hauptsächlich von dem Ueberschuß der Temperatur über den der äußern Luft abhängt. Die Ersparung aber, die man dadurch erlangt, könnte wesentliche Nachtheile haben; wenn durch irgend einen Umstand die Heizung unterbrochen wäre und die Temperatur in den Mauern mitten im Winter hergestellt werden müßte, so könnte man dieses nicht mit Apparaten erlangen, die nicht kräftig genug sind.

Zweites Capitel.

Heizung und Lüftung der Privatwohnungen.
Heizung durch den Boden.

2134. Bei den Römern wurden die Wohnungen der Reichen durch den Boden geheizt, unter dem man gemauerte Canäle anlegte, welche von der verbrannten Luft, die von einem Ofen herbeikam, durchströmt wurden.

Digitized by Google

Diese Luft erhob sich alsdann in den senkrechten Canälen, die im Innern der Mauern angebracht waren und wahrscheinlich den Zweck hatten, die oberen Stockwerke zu erwärmen, die aber sicher auch zu Essen dienten, denn ohne Essen würde die Verbrennung unmöglich gewesen sein.

2135. In China, wo die Winter, z. B. in Peking, sehr kalt sind, werden die Häuser der Reichen auf dieselbe Weise geheizt.

2136. In Europa wird diese Art der Heizung jetzt nicht mehr angewendet, da sie wegen der großen Wärmemenge, die durch den Boden geht, unvortheilhaft ist. Wegen der Keller unter den neuern Häusern läßt sie sich auch kaum anbringen.

Directe Heizung durch die Verbrennung.

2137. Die directe Verbrennung der Holzkohlen in Kohlenbecken, die in die Mitte des Zimmers gestellt werden, war das erste Feuerungsmittel. Dieses System, von dem wir bereits (2119) geredet haben, wurde von den Griechen und Römern allgemein angewendet und ist auch noch jetzt in Spanien, in Italien und in gewissen Gegenden Amerikas in Gebrauch. Es ist diese Heizung von einer außerordentlichen Einfachheit und sie benutzt alle von dem Brennmaterial entwickelte Wärme; allein andererseits sind die Producte der Verbrennung stets unangenehm, oft gefährlich für die Menschen und nachtheilig für die Meubles und die Zimmerdecorationen.

2138. Wir müssen bemerken, daß durch die Verbrennung von 1 Kilogr. Holzkohlen der gesammte Sauerstoff, der sich in 9 Kubikmetern Luft befindet, in Kohlensäure verwandelt wird; die Luft wird aber untauglich zum Athmungsprocesse, wenn sie nicht mehr als 113 von dem normalen Sauerstoff enthält. Es folgt daher daraus, daß die Verbrennung von 1 Kilogr. Kohlen 27 Kubikm. Luft untauglich zum Athmen macht. Es würde demnach ein Zimmer von 4 Meter Länge, 4 Meter Breite und 3 Meter Höhe, d. h. von 48 Kubikmetern Räumlichkeit, durch die Verbrennung von 1,74 Kilogr. Holzkohlen ungeeignet zum Athmen und erstickend für die sich darin aufhaltenden Menschen gemacht werden.

2139. Nun würde zwar der Ueberschuß der Temperatur sehr bald die Oeffnung der Fenster veranlassen; denn wenn man annimmt, daß nur sehr wenig Ursachen zur Abkühlung vorhanden sind, so würde die Verbrennung dieser Holzkohlenmenge die Temperatur der Luft um

$$\frac{1{,}74 \times 7000}{48 \text{ Km.} \times 1{,}3 \times 0{,}2377} = 820^{\circ}$$

erhöhen. Die Gefahr entsteht wirklich nur durch die Erzeugung von Kohlenoxyd, welches weit mehr Wärme giebt und dessen Einfluß auf den thierischen Haushalt noch weit nachtheiliger ist. Wir haben (218) gesehen, daß das Vorhandensein von $^1/_{100}$ dieses Gases hinreichend ist, um warmblütige Thiere zu tödten.

2140. Die directe Erwärmung der Luft muß jedesmal verboten sein, wenn sich Menschen in der erwärmten Luft aufhalten sollen; man kann sie aber, wie schon bemerkt, mit wenigen Nachtheilen zur Erwärmung der Vorzimmer und solcher Räume anwenden, in denen durch das Oeffnen der Thüren eine Erneuerung der Luft bewirkt wird, wodurch die angegebenen Gefahren sehr vermindert werden. Die Verbrennung in den Koh-

Digitized by Google

lentöpfen muß ſtets ſo bewirkt werden, daß man die Bildung von Kohlenoxyd vermeidet; und in dieſer Beziehung iſt die Benutzung von Kohlenlöſche, deren Verbrennung gewöhnlich an der Oberfläche langſam und ununterbrochen erfolgt, weit weniger nachtheilig, als das Verbrennen von Kohlenſtücken, die mehr von dieſen Gaſen entwickeln.

Heizung der Zimmerluft durch die Strahlung des in offenen Räumen, ſogenannten Kaminen, verbrannten Brennmaterials.

2141. Man hat viele Unterſuchungen angeſtellt, ob die Alten Kamine gehabt haben. Die aufgedeckten Häuſer von Pompeji und Herculanum zeigen dieſelben nicht; man darf daher vorausſetzen, daß man zur Zeit der Zerſtörung der beiden Städte die Kamine in Italien noch nicht kannte, und daß man ſich damals der offenen und tragbaren Herde bediente. Die Paläſte ſcheinen zu jener Zeit, wie wir ſchon bemerkten, durch Oefen unter dem Erdgeſchoß geheizt worden zu ſein, deren Wärme ſich in der Maſſe der Gebäude vertheilte; ebenſo wendete man auch feſte von allen Seiten offene Herde an, die in der Mitte des Zimmers angebracht waren, und deren Rauch durch eine Oeffnung im Dache ausſtrömte. Beide Arten der Heizung erforderten eine große Brennmaterialmenge.

2142. Zu der Zeit des Seneca fing man an, in den Mauern Röhren anzubringen, um auch die oberen Stockwerke zu erwärmen. Es iſt wahrſcheinlich, daß dies der Anfang der Röhren zur Aufnahme des Rauches war.

2143. Die Zeit, zu welcher die erſten Kamine angewendet wurden, iſt äußerſt unſicher, die Schriftſteller zu Anfang des 14. Jahrhunderts ſcheinen ſie nicht zu kennen.

2144. Die älteſte und zugleich ſicherſte Angabe über die Kamine fällt in das Jahr 1347. Eine zu Venedig gefundene Handſchrift theilt mit, daß in dieſem Jahre ein Erdbeben einen großen Theil der Kamine oder Eſſen umwarf. Die erſten Eſſenkehrer, die nach Frankreich kamen, waren Savoyer, Piemonteſen und die Bewohner benachbarter Gegenden. Dieſe Länder waren lange Zeit die einzigen, in denen das Geſchäft der Eſſenkehrer ausgeübt wurde, und man kann daraus folgern, daß die Eſſen in Italien erfunden worden ſind.

2145. Oefen ſind hauptſächlich in Deutſchland und in den nördlichen Ländern verbreitet, während man in Frankreich und in Britannien die offenen Kamine vorzieht. In den wärmſten Theilen Savoyens und Italiens ſieht man nur einige Kamine; das einzige Mittel, den an gewiſſen Wintertagen oft ſehr ſtarken Froſt zu mäßigen, beſteht in der Verbrennung von Holzkohlen in tragbaren Herden, Braſeros genannt, von denen wir bereits (2137) geredet haben.

2146. Man gab zuvörderſt den offenen Kaminen und den Rauchröhren ganz willkürliche Dimenſionen; dieſe Dimenſionen, die man noch jetzt auf dem Lande trifft, hatten ſehr weſentliche Nachtheile. Die Ventilirung iſt ungeheuer und die von außen nach dem Kamin ſtrömende Luft kühlt das Zimmer derart ab, daß nur ein kleiner Theil der Luft benutzt wird. Endlich, da die Geſchwindigkeit der Luft in der Eſſe wegen ihres Durchmeſſers und der wenig hohen Temperatur des Rauches ſehr

Digitized by Google

gering ist, so hat der Wind einen großen Einfluß auf den Zug, so daß in dem Kamin und in seiner Esse häufig zwei entgegengesetzte Luftströme entstehen, welche Rauchentwickelungen in das Zimmer bewirken. Es kann selbst vorkommen, daß durch die Menge der angesaugten Luft, indem sie sich mit der Lebhaftigkeit der Verbrennung kreuzt, das Zimmer um so mehr abgekühlt wird, je stärker der Brennmaterialverbrauch ist. Die großen Kaminöffnungen und die bedeutenden Essenquerschnitte sind in den Städten schon seit langer Zeit aufgegeben; allein die beibehaltenen sind auch jetzt noch oft zu bedeutend, und die jetzigen Kamine, so wie auch die offenen Küchenherde haben wenigstens zum Theil die Nachtheile der alten.

2147. Rumfort war der erste, welcher die Construction der Kamine verbesserte; er verengte die weiten Verbindungsöffnungen zwischen Kamin und Esse auf 0,12 oder 0,15 Met., verminderte fast um die Hälfte die Tiefe der ersteren und begrenzte sie auf den Seiten durch unter 35° geneigte Mauern. Diese Kamine (Figg. 525 u. 526), im Allgemeinen unter der Benennung der Rumfort'schen bekannt, sind weit vortheilhafter als die alten; die Menge der unverbrannten Luft, die in die Esse übergeht, ist weit geringer, als bei den gewöhnlichen Kaminen, und die Temperatur des Rauches ist auch eine bedeutendere. Die verbrannte Luft vertheilt sich gleichförmiger in dem Canal, und da dessen obere Oeffnung ebenfalls verengt ist, so entstehen die doppelten Strömungen weit schwieriger; die Verbrennung ist auch weit lebhafter, weil die Geschwindigkeit der Luft an der Oeffnung weit größer und die herbeiströmende Luft besser auf das Brennmaterial oder auf die Flamme gerichtet ist.

2148. Lhomond hat die Einrichtung von Rumfort verändert und eine bewegliche Platte hinzugefügt, welche die Oeffnung, wodurch die Luft einströmt, nach Belieben zu reguliren gestattet. Man kann auf diese Weise fast den ganzen Strom durch das Brennmaterial gehen lassen, was sehr zweckmäßig, besonders beim Anfeuern des Kamins, ist. Die Figg. 527 u. 528 stellen diesen Kamin im Aufriß und im Durchschnitt dar; die Fig. 529 giebt die Details über die bewegliche Platte. Diese Platte besteht aus drei Tafeln von dünnem Blech, die in zwei auf dem Grundriß 528 dargestellten Platten über einander verschiebbar sind; die unterste Tafel wird in der Mitte von einer Kette gehalten, die über zwei Rollen läuft und an dem andern Ende mit einem Gegengewicht versehen ist. Diese Kamine sind noch jetzt, hauptsächlich in Paris, verbreitet.

2149. Kamin mit Steinkohlen- oder Kokesfeuerung. — Die Figg. 530 u. 531 stellen den Auf- und den Grundriß eines mit Steinkohlen zu feuernden Kamins dar. Die Pfeiler haben dieselbe Einrichtung wie bei dem Lhomond'schen Kamin, und das Brennmaterial verbrennt auf einem Rost, dessen Stäbe in den Seitenmauern des Kamins befestigt sind; aa cc ist eine um ein Charnier cc bewegliche Platte, welche man beim Anfeuern vor dem Rost niederläßt. In dieser Stellung strömt alle von der Esse angesaugte Luft nothwendig durch den Rost, wodurch der Zug wesentlich verstärkt wird. Man wendet auch Platten an, die nicht an dem Vordertheile der Esse befestigt sind, die man aber beim Anfeuern des Kamins an einem Haken aufhängt, um sie nach Belieben wieder wegnehmen zu können.

2150. In Amerika verbrennt man Anthracit in Kaminen mit fast gleicher Einrichtung.

Digitized by Google

2151. Eine sehr zweckmäßige Kamineinrichtung besteht darin, den Rost gänzlich hervortreten zu lassen, um die strahlende Wärme so viel als möglich benutzen zu können. Eine halbkreisförmige Haube dient dazu, den Rauch in die Esse einströmen zu lassen.

2152. Man kann aber auch Steinkohlen und Kokes in einem Thomond'schen Kamin verbrennen, indem man statt der Feuerböcke einen gußeisernen Rost von zweckmäßiger Form anbringt.

2153. Allgemeine Betrachtungen über die Essen. — Die Heizung mittelst offener Kamine hat den Zweck, daß man das Feuer sehen kann. Dieser Umstand ist bei einigen Völkern ein Bedürfniß geworden, dem man eine bedeutende Brennmaterialmenge opfert und auf das man in Frankreich, England und in einigen anderen Ländern nicht Verzicht leisten will. Es kommt daher darauf an, unter dieser Bedingung eine möglichst wohlfeile Heizung und Ventilirung zu bewirken.

2154. Die bei allen Kaminen zu erfüllende erste Bedingung besteht in der Erneuerung der Luft in den zu heizenden Zimmern. In den meisten Fällen benutzt man dazu keine besondere Vorrichtung und die zur Verbrennung erforderliche Luft strömt durch die Ritzen in den Thüren und Fenstern ein. Es entstehen dadurch oft sehr unangenehme kalte Luftströme und Unregelmäßigkeiten, welche die Ursache sein könnten, daß sich der Rauch im Zimmer verbreitet. Zweckmäßiger ist es, die Ventilirung durch besondere Oeffnungen von hinreichender Größe zu reguliren, welche die Luft direct von außen aufnehmen, wie es aus dem Gesichtspunkte der Gesundheit und des guten Haushalts zu empfehlen ist, die Luft vor ihrem Eintritt in das Zimmer zu erwärmen.

2155. Es ist nicht möglich, die Dimensionen der Essenröhren fest zu bestimmen. Nach vielen, mit verschiedenen Kaminen angestellten Versuchen, welche Kamine unter den günstigsten Bedingungen zur Verminderung der der Verbrennung entgehenden Luftvolumen beitragen, kann man im Allgemeinen annehmen, daß in den offenen Kaminen ein Kilogr. Holz wenigstens 100 Kubikmet. Luft ansaugt; man hat auch gefunden, daß eine runde Oeffnung von 0,20 bis 0,25 Met. Durchmesser fast immer für die Essenröhre und daher auch für die Röhre, welche die kalte Luft herbeiführt, ausreicht. Für große Zimmer, die viele Personen aufnehmen und daher auch eine starke Ventilirung haben müssen, kann man den Röhren 0,25 Quadratmet. Querschnitt geben.

2156. In den offenen Kaminen kann nur die strahlende Wärme benutzt werden; es sind daher diejenigen Brennmaterialien die vortheilhaftesten, die ein bedeutendes Strahlungsvermögen haben. Steinkohlen und Kokes sind in dieser Beziehung dem Holz weit vorzuziehen.

2157. Die Oeffnung einer gewöhnlichen Esse läßt fast den vierten Theil der gesammten Menge der strahlenden Wärme von Brennmaterialien in das Zimmer einströmen. Da nun die strahlende Wärme 0,25 von der gesammten, vom Holz entwickelten Wärme, und 0,50 von der der Holzkohlen, der Steinkohlen und der Kokes ist, so beträgt die durch die offenen Kamine bedingte Wärme fast 0,06 von der gesammten Wärme des Holzes und 0,12 von der der drei übrigen Brennmaterialien.

2158. Man hat die Kamine dadurch zu verbessern gesucht, daß man den Zutritt der Luft erleichtert, oder einen weit größern Bruch von der strahlenden Wärme und einen Theil von derjenigen benutzt, welche in den

Digitized by Google

heißen Gasen eingeschlossen ist. Wir wollen nun die hauptsächlichsten Arten von Kaminen betrachten, die noch jetzt in Anwendung stehen.

2159. Kamine mit Luftzügen. — Die Fig. 532 stellt den Durchschnitt eines jetzt fast gänzlich aufgegebenen Kaminsystemes dar, welches aber bei seiner Erfindung viel Aufsehen machte. Ein Canal, der gewöhnlich in dem Innern der Esse selbst angebracht ist, saugt die äußere Luft an und läßt sie an der vordern Seite des Kamins zwischen den beiden festen Platten AB und A'B' ausströmen. Es hat diese Einrichtung den Nachtheil vor dem Kamin, einen kalten und unbequemen Luftstrom zu erzeugen, ohne Einfluß auf die Ventilirung des Zimmers zu haben.

2160. Kamin mit beweglichem Rost. — Dieser Rost oder Herd besteht aus einem gußeisernen Kasten, Figg. 533 und 534, der vorn offen und auf 4 Rollen beweglich ist. Der Kasten steht in einem gewöhnlichen Kamin. Beim Anfeuern schiebt man den Kasten bis zum hintern Theil des Kamins und läßt die Platte herab; wenn die Verbrennung und der Zug gehörig im Gange sind, zieht man ihn nach dem Zimmer vor, um so viel als möglich, jedoch ohne von dem Rauch zu leiden, die strahlende Wärme zu benutzen. Diese Apparate haben im Anfange vielen Erfolg gehabt, aber nach dem Erlöschen des Patentes wurden sie nicht so sorgfältig, sondern möglichst wohlfeil hergestellt, und es mag dies eine der Ursachen gewesen sein, daß man sie weniger häufig anwendete.

2161. Auf der allgemeinen Pariser Gewerbeausstellung im Jahre 1858 befand sich ein Apparat derselben Art. Der Herd konnte um mehrere Meter bis in das Innere des Zimmers vorgezogen werden; der Rauch gelangte alsdann durch eine Röhre in die Esse, die aus mehreren in einander zu schiebenden Stücken bestand.

2162. Offenes Kamin mit umgekehrter Flamme oder mit sogenannter Pultfeuerung. — Die Fig. 535 stellt einen Apparat dar, bei welchem die Flamme, statt sich senkrecht zu erheben, durch die glühende Masse strömt, so daß die ganze angesaugte Luftmenge durch den Rost ziehen muß. Um den Zug zu bewirken, verbrennt man einige kleine Holzstücke, die durch die Thür unter dem Rost eingeführt werden. Diese Pultfeuerungen, welche die strahlende Wärme mehr benutzen, wenn die ganze Kohlenmasse glühend ist, erfordern einen starken Zug, der nicht immer hinreichend ist, um das Eindringen des Rauches in das Zimmer zu verhindern. Die in Fig. 535 abgebildete Einrichtung kann nur zur Erläuterung des Princips dienen, und würde, um praktisch angewendet werden zu können, wesentliche Abänderungen erhalten müssen.

2163. Die Figg. 536 und 537 stellen einen von Herrn Millet erfundenen Kamin dar, bei welchem die Verbrennung ebenfalls mit umgekehrter Flamme stattfindet, wobei man aber das Eindringen des Rauches in das Zimmer zu vermeiden sucht.

Der Apparat besteht aus drei mit einander verbundenen Metallplatten A, B, C, D, a, b, c, d. Die drei großen Seiten AB, BC, CD sind mit den Kaminpfeilern verbunden, während die drei kleineren den Herd umschließen. Die Beweglichkeit der Platte Ff dient zum vollständigen oder geringern Verschluß der Kaminöffnung; sie kann mittelst des Gegengewichts P in allen ihren Stellungen erhalten werden, indem dasselbe mit einer Kette verbunden ist, die über eine Rolle q läuft und deren anderes Ende mit der Platte vereinigt ist. hi ist die Oeffnung in der Hinter-

Digitized by Google

wand des Kamins, die mittelſt der Klappe x l mehr oder weniger verſchloſſen werden kann. Die Stellung dieſer Klappe kann mittelſt des Griffes m regulirt werden, welcher um die horizontale Welle n beweglich und an dem Punkte p mit zwei Ketten verſehen iſt, von denen die eine, nachdem ſie ſich auf die Rolle q aufgewickelt hat, das Gegengewicht r trägt, während die andere ſich auf die Rollen s und t wickelt und mit einem Haken an der Rolle verbunden iſt. Das Gegengewicht r hat den Zweck, die Klappe in jeder beliebigen Stellung zu erhalten. Der Rauch kann durch die Oeffnung h i und durch eine Spalte im obern Theil des Kaſtens ausſtrömen, und vermindert den Querſchnitt in dem Maße, als man die Klappe hebt, ohne ſie je gänzlich verſchließen zu können.

2164. Bei dieſer Einrichtung iſt die Eintheilung der Verbrennung vollſtändiger, als bei anderen Apparaten, was hier durchaus nicht vortheilhaft für die Heizung iſt, weil die Flamme zum großen Theil in der Eſſe erzeugt wird. Die Verbrennung wird mit einer Luftmenge bewirkt, die nur wenig ſtärker als die durchaus erforderliche iſt, und dies iſt ein großer Nachtheil; denn die Zimmer können nur dann geſund ſein, wenn eine bedeutende Ventilirung ſtattfindet. Außerdem kommt es auch häufig vor, daß Rauch in das Zimmer dringt.

2165. Die Figg. 538 und 539 ſtellen einen neuerlich conſtruirten Apparat dar, der auf daſſelbe Princip begründet, wie der vorhergehende, aber zur Steinkohlenfeuerung eingerichtet iſt; zu dem Ende erſetzt ein Roſt F die Feuerböcke. Die auf das Brennmaterial ſtrömende Luft bringt eine umgekehrte Flamme hervor, welche durch einen zweiten Roſt G in die Eſſe dringt, deren freien Durchſchnitt man durch ein Regiſter H regulirt, welches ſich zwiſchen zwei Falzen bewegt und durch ſein Gegengewicht erhalten wird. Ueber dem Herde befinden ſich zwei Oeffnungen, die zum Theil durch zwei Regiſter CC verſchloſſen ſind und durch welche die Verbrennungsprodukte ausſtrömen, die dem Anſaugen durch den Roſt G entweichen könnten. Dieſer Apparat hat jedoch keine Vorzüge vor den vorhergehenden; es ſind jedoch dabei noch blecherne Röhren BB angebracht, in denen äußere Luft circulirt, die, ehe ſie ins Zimmer tritt, erwärmt wird.

2166. Der engliſche Arzt Arnott, bekannt durch ſeine Bemühungen um die Heizung und Ventilirung der Zimmer, hatte zu Paris 1855 ein Kamin ausgeſtellt, welches wir ſchon erwähnt haben und welches den doppelten Zweck hatte, den Rauch zu verbrennen und Brennmaterial auf mehrere Stunden zu erhalten. Da dieſer Apparat auch Vorrichtungen zur Ventilirung enthält, ſo kommen wir weiter unten darauf zurück.

2167. Offenes Kamin, in welchem ein Theil der Wärme von der verbrannten Luft benutzt wird. — Bei allen dieſen Apparaten iſt hinter dem Herde eine Art Luftheizofen angebracht, der unten mit der äußern Luft und oben mit dem Zimmer in Verbindung ſteht. Indem die Luft in demſelben erwärmt wird, veranlaßt ſie ein um ſo lebhafteres Anſaugen, je höher die Vorrichtung zum Erwärmen der Luft und die Temperatur in derſelben iſt; es tritt daher ſtets ein Luftſtrom in das Zimmer ein, welcher eine Ventilirung hervorbringt und alsdann zur Verbrennung dient. Bei dieſen Kaminen verſchwinden die Nachtheile der durch die Spalten in Thüren und Fenſtern angeſaugten kalten Luft. Die Eſſen rauchen auch weniger, da die Luft leichter in das Zimmer

Digitized by Google

bringen kann. Eine bei allen diesen Apparaten wesentliche Bedingung besteht darin, das Reinigen des Apparates und der Esse möglichst zu erleichtern.

2168. Eine der einfachsten Einrichtungen, die zuweilen angewendet wird, besteht darin, in der Esse (Fig. 540) eine Röhre anzubringen, die unten mit der äußern Luft in Verbindung steht und oben in der Nähe der Decke einen Ausgang hat. Das Ansaugen der äußern Luft wird daher sehr wirksam bezweckt; allein es muß die Röhre wegen der Reinigung weggenommen werden können. Man vermeidet dieses nachtheilige Verhältniß dadurch, daß man den Rauch durch die Röhre gehen läßt, und daß sie die äußere Luft umgiebt, wie Fig. 541 zeigt. Diese Einrichtungen erfordern aber eine sehr weite Esse und verwickeltere Constructionen.

2169. Das in Fig. 542 dargestellte Kamin war 1855 ebenfalls in Paris ausgestellt. Der Herd ist sehr flach und daher die Ausstrahlung des Brennmaterials sehr bedeutend. Die äußere Luft circulirt zuvörderst unter der Esse, alsdann hinter derselben und endlich zu beiden Seiten des Herdes; sie entweicht durch mehrere seitwärts angebrachte Oeffnungen. Die Kaminöffnung ist mit einer Platte von polirtem Kupferblech umgeben, wodurch die strahlende Wärme erhöht wird. Jedoch erlangt man mit dem Ganzen keine wesentliche Ersparung, auch ist bei dem Hervortreten des Rostes eine Rauchentwickelung in dem Zimmer zu befürchten.

2170. Die Figg. 543 und 544 stellen einen Aufriß und einen Querdurchschnitt von einem andern Apparate dar, der den Zweck hat, einen Theil von der Wärme der verbrannten Luft zu benutzen; unter dem Herde befindet sich ein länglich-viereckiger Kasten von Gußeisen oder Blech von nur geringer Höhe; er steht mit einem sich außerhalb öffnenden Canal in Verbindung. Auf dem hintern Theil des Kastens ist eine gewisse Anzahl gekrüppter Röhren befestigt, deren obere Enden in einen andern Kasten ausgehen, der über dem Kaminkasten angebracht, vorn aber mit einem feinen Drahtgitter verschlossen ist. Die zwischen den Röhren in die Esse strömende verbrannte Luft erwärmt die im Innern der Röhren circulirende kalte Luft, die alsdann in das Zimmer strömt. Man kann bei dieser Einrichtung weder Steinkohlen noch Kokes verbrennen, indem die Verbrennung in den Röhren eine zu wenig lebhafte sein würde.

Die Fig. 545 stellt eine Einrichtung von derselben Art dar, bei welcher die Röhren horizontal über dem Herde angebracht sind. Sie ist jedoch minder zweckmäßig, als die vorhergehende, bei welcher das Ansaugen der kalten Luft der Röhren durch die Höhe der erhitzten Luftsäule bewirkt wird; mit den horizontalen Röhren kann dieses Ansaugen nicht bewirkt werden.

2171. Der in den Figg 546, 547, 548 und 549 dargestellte Apparat besteht aus einem blechernen Kasten A A′ C D, dessen vordere Seite AA′ B B′ auf der Kamineinfassung befestigt ist; dieser Kasten ist unten offen und umgiebt den Canal, der die äußere Luft herbeiführt. Auf der andern Seite ist eine Oeffnung L angebracht, durch welche die äußere erwärmte Luft in das Zimmer tritt. Dieser Kasten umschließt einen andern kleinern von Gußeisen, a b c d (Fig. 549) und a d e f (Fig. 547), der als Herd dient. Durch die Seitenflächen des Herdkastens gehen die Platten m m, die sogleich daran gegossen sind. Die äußere Luft gelangt durch zwei Canäle o o unter den Herd. Die Oeffnungen dienen zum Einströmen der Zimmerluft in den Apparat, wenn der Querschnitt des Canals zum An-

Digitized by Google

ſaugen der Luft zu klein iſt. Die Fig. 548 iſt ein Querſchitt nach YY; die Fig. 549 ein Durchſchnitt nach X' X' (Fig. 547).

Dieſer Apparat iſt ſehr zuſammengeſetzt und die Heizoberfläche der äußern Luft gering. Es iſt auch zu fürchten, daß die gußeiſernen Vorſprünge nur eine geringe Wirkung hervorbringen, denn die Zwiſchenräume müſſen ſich leicht mit Ruß verſtopfen und die Reinigung iſt eine ſchwierige.

2172. Um das unzweckmäßige Eindringen von Luft in die Eſſe zu vermeiden, ohne das offene Feuer zu verdecken, hat Descroilles den Verſuch gemacht, den obern Theil des offenen Kamines durch ein feines Drahtgitter zu verſchließen, und es hat dieſe Vorrichtung, auf Holz- und hauptſächlich auf Steinkohlenkamine angewendet, ſehr gute Reſultate gegeben. Die Fig. 550 ſtellt ein ſolches Kamin mit einem dahinter angebrachten Lufterhitzungsapparat dar. Der Herd beſteht aus einem gußeiſernen Kaſten mit einem Roſt auf der vordern Seite; ein gußeiſerner Rahmen, in welchem ſich das Drahtgitter T befindet, läßt ſich um ein Charnier drehen, um das Feuer nach Belieben entblößen oder bedecken zu können. Die verbrannte Luft erhebt ſich von dem Roſt und ſtrömt in den Kaſten a b c d zurück und gleichzeitig rechts und links in die beiden Röhren A. Von dort gelangt ſie nach und nach in die Röhren B, C, D, E, F, G und endlich in die Röhre H, welche mit der Eſſe in Verbindung ſteht. Ein gleiches Röhrenſyſtem iſt auf der andern Seite des Kaſtens a b c d angebracht. Oeffnet man das Regiſter S, ſo bringt man den Kaſten durch die Röhre J in directe Verbindung mit der Eſſe, ſo daß man leicht den Zug veranlaſſen kann, wenn man das Kamin anfeuern will. Das Regiſter R dient zur Regulirung der Verbrennung. Die Luft erwärmt ſich in Berührung mit den Röhren und ſtrömt durch die Oeffnungen, die unter dem Rande des Kamins angebracht ſind, in das Zimmer. Dieſe Apparate gewähren Erſparungen bei der Heizung, allein das Drahtgitter hindert die Anſicht des Feuers und wird oft verbrannt; außerdem iſt die Reinigung der Röhren ſehr unbequem, indem ſie zu dieſem Zweck gänzlich aus einander genommen werden müſſen; auch die Reinigung der Eſſe hat Schwierigkeiten. Man hat das Drahtgitter durch Glasſcheiben oder Glasröhren, ſowie auch durch Glimmertafeln zu erſetzen geſucht, damit man das Feuer beſſer ſehen kann; allein wegen der Zerbrechlichkeit dieſer Materialien iſt ihre praktiſche Anwendung nicht ausführbar.

2173. Das Kamin von Fondet (Figg. 551, 552, 553) beſteht aus zwei horizontalen gußeiſernen Röhren F und H, die durch viele kleine prismatiſche Röhren o, o, o, welche, rautenförmig geſtellt, verbunden ſind, wie man aus der Fig. 553 ſehr deutlich erſehen kann. Der Apparat bildet den hintern Theil des Kamins und hat eine Neigung nach vorn, die $^1/_4$ bis $^1/_5$ von dem rechten Winkel abweicht. Die untere horizontale Röhre F ſteht mit der äußern Luft A B in Verbindung; dieſe Luft erwärmt ſich in den prismatiſchen Röhren, um welche die Flamme circulirt, und begiebt ſich in die Röhren C und D durch zwei Ausſtrömungsöffnungen, die an den Seiten des Kamins angebracht ſind. Die Reinigung wird mittelſt einer Kratze bewirkt, die man durch die Zwiſchenräume der Röhren einbringt. Dieſer Apparat, einer von denen, die jetzt zu Paris am häufigſten angewendet werden, giebt gute Reſultate; er erfordert nur, wie man ſieht, eine beſonders ſorgfältige Conſtruction im Feuern der Kamine und geſtattet keine Veränderung der Ventilirung.

Digitized by Google

2174. Der in den Figg. 554 und 555 im senkrechten und im horizontalen Durchschnitte dargestellte Apparat scheint die Bedingungen eines Kamines zur Zimmerheizung besser zu erfüllen. Er besteht aus einem blechernen Kasten, der den Rost enthält, hinter welchem sich Röhren T befinden, die eine rautenförmige Stellung zu einander haben und die Verbindung zwischen einem untern Kasten mit kalter und einem obern Kasten mit warmer Luft B herstellen. Der Herd ist von den Röhren durch eine gußeiserne Platte getrennt, die, um die Reinigung des Apparates zu bewirken, leicht weggenommen werden kann. Der Strom der warmen Gase, welcher aus dem Kamin entweicht, geht über diese Platte weg und gelangt, nachdem er niedergegangen und um die Röhren circulirt hat, durch eine Oeffnung F, die an dem tiefsten Punkte angebracht ist, in die Esse. Eine mit einem Register versehene Oeffnung dient zur Herstellung des Zuges, wenn man anfeuert. Die von außerhalb oder aus dem Zimmer kommende kalte Luft tritt in den untersten Kasten, erhitzt sich in den blechernen Röhren und um den Rauchkasten H H und tritt durch eine Oeffnung A im Deckel des Warmluftkastens aus. Eine bewegliche Platte gestattet, auf das Brennmaterial die zweckmäßige Luftmenge gelangen zu lassen, während ein großer Theil des Feuers sichtbar bleibt. D ist der Aschenkasten. Dieser Apparat ist bis jetzt noch wenig verbreitet, allein er scheint sehr zweckmäßig zu sein und eine weitere Verbreitung zu verdienen. Er kann ohne Construction oder ohne Aenderung eines gewöhnlichen Kamines angebracht werden, und da er sich in einem Stück wegnehmen läßt, so ist er auch dem Essenkehrer nicht hinderlich.

2175. Bemerkungen über die Zimmerkamine. — Wir wollen hier eine Uebersicht der wesentlichsten Verbesserungen geben, die seit Rumfort bei den Zimmerkaminen angebracht sind. Alle sind auf einzelne Veränderungen des Lhomond'schen Kamines oder auf die Mittel ausgelaufen, von dem Brennmaterial einen größern Nutzeffect zu erlangen.

Dieser Nutzeffect ist, wie wir schon gesehen haben, sehr gering; die zu seiner Vergrößerung vorgeschlagenen Einrichtungen können in zwei Klassen eingetheilt werden.

Bei den ersteren Vorrichtungen hat man den Zweck gehabt, die in das Zimmer ausstrahlende Wärme zu vermehren, und zu dem Ende hat man den Rost in das Zimmer vorgeschoben. Das in §. 2160 beschriebene Kamin kann als Muster dieses Systems angenommen werden. Man ist auf diese Weise dahin gelangt, ungefähr zwei Mal mehr Wärme zu benutzen, als in den gewöhnlichen Lhomond'schen Kaminen.

In denen der zweiten Klasse hat man die von dem Rauch mit weggeführte Wärme zu benutzen gesucht und zu dem Ende hinter oder neben dem Herde mehr oder weniger einfache Luftwärmapparate angebracht. Die in den §§. 2167 ff. beschriebenen gehören in diese Klasse. Der erlangte Nutzeffect könnte noch viel bedeutender sein, wenn nicht die Bedingung, das Feuer sehen zu lassen, eine Beschränkung veranlaßte. Es wird dadurch eine Luftmenge in das Kamin gebracht, welche die Verbrennung nicht benutzen kann, und die, da sie den Rauch abkühlt, den Wärmeeffect wesentlich vermindert.

2176. Rauchende Kamine. — Offene Kamine von gewöhnlicher Construction lassen oft Rauch in die Zimmer gelangen. Die Ursachen des Rauchens der Kamine und die dagegen anzuwendenden Mittel sind schon von Franklin mit vieler Genauigkeit beschrieben worden; wir wollen sie

Digitized by Google

auf dieser Grundlage im Allgemeinen auseinandersetzen, indem wir einige Zusätze dazu machen. Es ist ganz klar, daß in das Zimmer eine gleiche Luftmenge einströmen muß, als die ist, welche durch die Esse ausströmt; wenn demnach das Zimmer genau verschlossen ist, so wird der Rauch, da er nicht ausströmen kann, ohne eine partielle Luftleere hervorzubringen, sich in dem Zimmer verbreiten. Es kommt fast immer vor, daß eine gewisse Rauchmenge in der Esse in die Höhe steigt; diese Wirkung ist eine Folge des doppelten Luftstromes in derselben. Die äußere Luft geht in einem Theil der Esse in das Zimmer nieder, während der Rauch in dem andern Theile aufsteigt; da aber beide Ströme nicht getrennt sind, so nimmt der niedergehende stets einen gewissen Theil des Rauches mit sich, der sich in dem Zimmer verbreitet.

Diese Ursache würde einen um so größern Einfluß haben, je kleiner das Zimmer ist, je dichter Thüren und Fenster schließen und je bedeutender der Durchmesser der Esse ist.

2177. Wenn der Rauch von der angegebenen Ursache herrührt, so kann man ihn dadurch verhindern, daß man: 1) die Menge der durch die Esse strömenden Luft vermindert und 2) die äußere Ventilirung durch das eine oder das andere dieser Mittel begünstigt. Man wird stets den Luftverbrauch durch die Esse dadurch vermindern, daß man eine der beiden Oeffnungen verengt, entweder diejenige, durch welche die Luft einströmt, oder diejenige, durch welche sie ausströmt; jedoch ist es am zweckmäßigsten, diejenige Oeffnung zu wählen, durch welche die Verbrennungsluft einströmt.

Was nun die äußere Ventilirung betrifft, so kann man sie durch eine Oeffnung oder durch einen unter dem Fußboden angebrachten Canal herstellen und die Luft entweder sofort benutzen oder erst vorher erwärmen. Diese Ursache der Rauchentwickelung ist die allgemeinste, auch findet man selten Zimmer, in denen die Oeffnungen zum Eintritt der äußern Luft hinlängliche Dimensionen hätten.

2178. Die zweite Ursache der Rauchentwickelung besteht in einer zu geringen Temperatur der verbrannten Luft in der Esse. Die Geschwindigkeit des Stromes ist nicht mehr hinreichend, um den sich entwickelnden Rauch auszutreiben, und er strömt daher zum Theil in das Zimmer zurück. Diese geringe Temperatur rührt daher, daß eine sehr große Luftmenge der Verbrennung entweicht und dadurch der Rauch erkaltet.

Das einzige wirksame Mittel besteht in einer seitlichen und oberen Verbindung des Herdes und in der Anbringung einer beweglichen Platte. Man verhindert auf diese Weise das unnütze Luftvolum bei der Verbrennung.

2179. Die dritte Ursache rührt von einer zu geringen Höhe der Esse her, indem diese eine zu geringe Aufsteigungsgeschwindigkeit des Rauches hat. Man muß alsdann die Esse erhöhen oder, wenn dies zu schwierig ist, den Herd verengen.

2180. Die vierte Ursache der Rauchentwickelung rührt von der Anwendung mehrerer über einander befindlicher Kamine her, wenn sie in mit einander zusammenhängenden Zimmern angebracht sind und keine zweckmäßig eingerichtete Ventilirung haben.

Wenn mehrere Kamine die angegebene Einrichtung haben, und man feuert das eine, so wird die äußere Luft hauptsächlich durch die anderen

Digitized by Google

Essen angesaugt werden, da die Luft weit leichter und in weit größerer Menge durch die Essen, als durch die Spalten der Thüren und Fenster eingeführt werden wird. Sind aber alle Kamine geheizt und sind die Einströmungsöffnungen der Luft nicht hinreichend, um alle zu speisen, so muß dasjenige Kamin, welches den stärksten Zug hat, die anderen auch verdrängen, und es wird alsdann sehr leicht Rauch aus diesen letztern in die Zimmer eindringen. Irgend eines der Kamine kann auch den Rauch bei allen übrigen veranlassen, obgleich sein Zug geringer ist, und zwar wegen geringerer Höhe der Esse oder wegen größeren Durchmessers derselben, endlich aber auch, weil das darin verbrauchte Brennmaterial weniger Rauch giebt; es ist zu dem Ende hinreichend, daß dieses Kamin zuerst gefeuert wird, denn in diesem Fall hat die Luft in den übrigen Essen eine Bewegung von oben nach unten die nur schwierig aufgehoben werden kann, vorausgesetzt, daß der Zug einer Esse erst dann der höchste, wenn die ganze Reihe mit heißer Luft gefüllt ist. Wenn demnach anfänglich schon eine Bewegung der Luft im entgegengesetzten Falle stattfindet, so würde ein Kamin einen sehr lebhaften Zug, und die von oben nach unten strömende Luft fast gar keine Geschwindigkeit haben müssen, wenn der Zug von unten nach oben lebhaft sein sollte.

Das einzige Mittel, das Rauchen der Zimmer alsdann zu verhindern, besteht in einer hinlänglichen Ventilirung derselben.

2181. Die fünfte Ursache der Rauchentwickelung ist die Verbindung mehrerer Essen mit einander. Wenn eine Essenröhre von einem gleichförmigen Durchmesser in einer gewissen Höhe einen in sie eintretenden Canal aufnimmt und der Luftstrom in dem letztern zuerst hergestellt wird, so kann die daraus ausfließende Luft den andern wie ein Ventil verschließen. Man muß alsdann unter der Oeffnung eine Platte anbringen, damit sich der Zug gleich zwischen beiden Leitungen vertheilt.

Wenn mehrere Essen mit einander in Verbindung stehen, und die Röhren zweckmäßige Durchmesser haben, so erfolgt das Ansaugen mit allen Verzweigungen, welche sie mit heißer Luft versehen oder nicht Es folgt daraus, daß wenn mehrere nur kalte Luft geben, die Lufttemperatur in dem gemeinschaftlichen Canal wenig hoch ist, und daß folglich der Zug in jeder warmen Luftleitung denjenigen wenig übersteigt, welcher stattfinden würde, wenn die Leitung in die Luft ausginge; es entwickelt sich daher Rauch, weil die wirkliche Höhe der Esse zu gering ist. Diese Einrichtung begünstigt auch das Zurücktreten des Rauches in die nicht geheizten Zimmer; denn wenn die Geschwindigkeit in dem gemeinschaftlichen Canal sehr vermindert ist, so können sehr viele Umstände einen Strom von oben nach unten in der Esse ohne Feuerung veranlassen. Man kann diesen letztern Nachtheil dadurch vermeiden, daß man in den Essen Register anbringt, die man verschließt, sobald die Zimmer nicht geheizt werden; diese Register vermindern die Fälle, in denen Rauch in die Zimmer treten kann, wenn dieselben geheizt werden, weil in der gemeinschaftlichen Esse keine kalte Luft mehr vorhanden ist. Zweckmäßiger ist es freilich, jeder Esse eine besondere Röhre bis über das Dach hinaus zu geben.

2182. Die sechste Ursache des Rauchens der Zimmer rührt von der Einwirkung der Sonne oder der directen oder zurückgeworfenen Winde her; man muß alsdann zu den Apparaten greifen, die wir im ersten Bande dieses Werkes beschrieben haben.

Digitized by Google

2183. Eine letzte Ursache noch kann Rauch in die Zimmer dringen lassen. In den großen Luftwärmeöfen ist der Zug in der Esse, welche die verbrannte Luft abführt, stets weit lebhafter, als das Ansaugen der Esse, durch welche die erwärmte Luft ausströmt; es ist daher nicht nöthig, daß die Fugen dicht seien, denn diese Differenz des Zuges veranlaßt Seitendruck, so daß erwärmte in die verbrannte Luft tritt, wodurch freilich Brennmaterialverlust entsteht, allein es kann alsdann kein Rauch in die Zimmer gelangen. In den Apparaten, bei denen die Luft rings um das Kamin erwärmt wird, und die den Zweck haben, einen Theil der Wärme der verbrannten Luft zu benutzen, verhält es sich nicht immer so. Wenn die Kaminöffnung bedeutend weit wäre und die Röhren, in denen die Luft erwärmt wird, sich an einem Orte befänden, wo die Ausströmungsgeschwindigkeit der verbrannten Luft sehr gering ist, so könnte es kommen, daß die letztere größer und folglich die Röhren nicht luftdicht wären; es würde alsdann die verbrannte Luft in die Röhren gelangen, durch welche die warme Luft ausströmt. Diese Verhältnisse kommen freilich selten vor, allein es ist stets wesentlich, die Fugen so luftdicht als möglich zu machen, da selbst das Eintreten einer nur geringen Menge der verbrannten Luft in die Ventilirungsluft wesentliche Nachtheile hat.

Die Zimmerheizung durch Oefen.

2184. Oefen sind im Innern der Zimmer angebrachte Apparate, die mehr oder weniger Raum einnehmen und in denen Brennmaterial verbrannt wird. Der Rauch gelangt vom Rost oder dem Herde entweder direct, oder nachdem er mehrere Züge durchströmt hat, in eine Röhre, welche ihn in die Esse führt. Die Feuer- und Aschenfallthüren sind entweder in dem Zimmer selbst oder in einem benachbarten Raume. Die Oefen bestehen aus Blech, Gußeisen, Ziegelsteinen, Töpferthon oder Steingut.

2185. Man muß die Zimmeröfen von den Luftwärmeöfen unterscheiden, obgleich diese Begriffe nicht immer hinreichend von einander getrennt werden; wir verstehen hier unter den letzteren solche Apparate, welche die von außen eingeführte Luft erwärmen und diese erwärmte Luft in die zu heizenden Zimmer einführen.

2186. Die metallenen Oefen kühlen bei gleicher Oberfläche und gleicher Menge des verbrannten Brennmaterials den Rauch mehr als die thönernen aller Art ab, indem die Metalle die Wärme besser leiten. Es müssen demnach die thönernen Oefen größer sein und eine bedeutendere Heizoberfläche haben, als die metallenen.

2187. Die metallenen Oefen werden schneller warm, kühlen sich aber auch schneller ab; die aus Ziegelsteinen, Töpferthon oder Steingut bestehenden werden dagegen langsamer warm, wenn sie aber einmal erwärmt sind, so geben sie auch die Wärme langsamer ab und erhalten in den Zimmern längere Zeit eine mäßige Temperatur.

2188. In den metallenen Oefen ist eine langsame und ununterbrochene Feuerung vortheilhaft. In den Oefen von gebranntem Thon muß sie lebhaft sein und nur so lange dauern, als zur Erhitzung der Ofenmasse erforderlich ist, eine Arbeit, die nach kürzeren oder längeren Zwischenräumen wiederholt werden muß. Ist in diesen letzteren Apparaten

das Brennmaterial verzehrt, so ist es zweckmäßig, die Aschenfallthür und ein Register in der Rauchröhre zu verschließen, damit kein Luftstrom durch den Ofen geht, der ihn unnöthig abkühlen würde.

2189. Man behauptet, daß die gußeisernen und blechernen Oefen das Nachtheilige hätten, der Luft einen unangenehmen Geruch zu geben und sie auszutrocknen. Der Geruch der durch ein Metall erwärmten Luft rührt wahrscheinlich von der Veränderung her, welche die organischen, der Luft beigemengten Stoffe durch die Berührung mit dem oft sehr heißen Metall erleiden. Eiserne Oefen werden bei demselben Brennmaterialverbrauch stets heißer als solche, die aus Thon bestehen. Von den vielen leichten Körperchen, die sich in der Luft befinden, kann man sich nicht allein dadurch überzeugen, daß sie sich auf die Gegenstände in einem Zimmer absetzen, sondern daß man, wenn Sonnenstrahlen in ein dunkles Zimmer dringen, den Staub sehen, sowie auch seinen organischen Zustand erkennen kann. Jedoch scheinen einige Versuche anzudeuten, daß die erwärmten Metalle einen eigenthümlichen Geruch haben.

Was nun das Trocknen der Luft betrifft, so sind hierüber niemals genaue Versuche angestellt; jedoch ist es eine bekannte Sache, daß man auf eiserne Oefen mit Wasser gefüllte Gefäße setzt, damit sich Wasserdämpfe entwickeln, während Thonöfen diese Vorsichtsmaßregel weniger nothwendig machen. Man kann sehr leicht beobachten, daß die gußeisernen Oefen außer dem unangenehmen Geruch, den sie der Luft ertheilen, Kopfschmerz veranlassen, wenn das angegebene Mittel zur Sättigung der Luft mit Feuchtigkeit nicht angewendet wird. Es ist jedoch die Austrocknung der Luft durch die metallenen Oefen nur scheinbar, denn sie erscheint nur dadurch trockener, daß sie wärmer ist, daß sie mehr Dämpfe auflösen kann, und daß sie folglich von der Sättigung um so mehr entfernt ist, als sie eine höhere Temperatur hat. Wenn die thönernen Oefen nicht dieselbe Wirkung hervorzubringen scheinen, so rührt das daher, daß sie die Luft nicht zu demselben Grade erhitzen. Wenn man außerdem berücksichtigt, daß man in einem großen Theil von Europa eiserne Oefen anwendet, so läßt sich nur schwer glauben, daß ihr Gebrauch wirklich ungesund sei.

Kurz, es läßt sich nicht annehmen, daß im Allgemeinen die Heizung durch metallische Oberflächen nachtheilig sei; sie kann unbequem werden, weil die Temperatur des Metalles oft sehr veränderlich ist; sie kann auch einen unangenehmen Geruch veranlassen und die Luft stark austrocknen, wenn das Metall eine sehr hohe Temperatur hat; man kann aber auch alle diese Nachtheile vermeiden, wie wir schon bei den Luftwärmeöfen bemerkt haben.

2190. Einfache Oefen ohne innere Circulation und ohne Circulirröhren. — Diese Oefen werden sehr häufig angewendet und bestehen aus Gußeisen und Blech, da man die Thonöfen mehr in den Städten antrifft. In diesen Apparaten enthält der Ofenkörper nur den Herd, und selten ist die Heizoberfläche hinreichend, um einen bedeutenden Theil der Wärme dieses Herdes oder des Rauches zu absorbiren, hauptsächlich wenn sie aus Thon besteht, da dieses Material nur zur Aufnahme einer mäßigen Wärme angewendet wird; um die Nachtheile der Heizung mit Blech und Gußeißen zu vermeiden, sucht man oft die äußeren Rauchröhren so viel als möglich zu vermindern. Diese letzteren verbrauchen auch viel Brennmaterial und heizen wenig, weil der Rauch einer zu hohen Temperatur überlassen ist. Da aber in allen diesen Oefen der Zug in dem sich

Digitized by Google

erhebenden Theil der Röhre stattfindet, so könnten die verbrannten Gase vollständig abgekühlt werden, wenn man die horizontalen Züge hinreichend verlängerte.

Wenn man Holz, Torf, Steinkohlen oder Kokes in den Oefen verbrennt, so erfordern die Herde keine besondere Einrichtung; nur ist es stets vortheilhaft, Roste anzuwenden und die Luft unter dieselben gelangen zu lassen, was nicht immer der Fall ist. Wenn man aber Anthracit verbrennt, so müssen die Roste und Herde eine eigenthümliche Einrichtung haben, welche wir angeben werden, sobald wir von den amerikanischen Oefen reden.

2191. Thönerne Oefen mit inneren Zügen. — Diese Oefen werden hauptsächlich in den nördlichen Ländern, in Schweden und Rußland, angewendet. In dem letzteren Lande haben die Oefen sehr große Dimensionen und werden zu gleicher Zeit mit den Häusern aufgeführt. Es sind dies länglich viereckige und in senkrechter Richtung verlängerte Massen, die fast gänzlich aus Ziegelsteinen bestehen und mit senkrechten Zügen versehen sind, welche die verbrannte Luft mehrmals von unten nach oben und von oben nach unten durchströmt. Es sind diese Oefen gewöhnlich 2 bis 3 Met. hoch und nehmen eine horizontale Oberfläche von 1,25 Quadratmet. ein. Der Herd ist unten angebracht und seine Räumlichkeit beträgt 0,5 bis 0,10 Kubikmet. Nachdem die verbrannte Luft in den inneren senkrechten Canälen circulirt hat, und zwar in jedem nächst folgenden in entgegengesetzter Richtung, strömt sie darauf in die Esse aus. Morgens früh macht man in einem solchen Ofen ein sehr lebhaftes Feuer, und wenn das Holz gehörig verkohlt ist, so verschließt man die Feuerthür und das Essenregister fast vollständig. Diese erhitzten Massen kühlen sich nur langsam ab und erhalten in den Zimmern 24 Stunden lang eine mäßige Temperatur.

In Schweden gebraucht man ähnliche Apparate, nur von geringeren Dimensionen Die Figg. 556, 557, 558, 559, 560 u. 561 stellen einen dieser Apparate dar.

Die Fig. 556 ist ein senkrechter Durchschnitt nach **I K** (Fig. 559); die Fig. 557 ist ein senkrechter Durchschnit nach **L M** (Fig. 560); die Fig. 558 ist ein senkrechter Durchschnitt nach **P Q** (Fig. 561). Die Figg. 559, 560 und 561 sind horizontate Durchschnitte nach den Ebenen **G H**, **C D** und **A B** (Fig. 556). Die mittleren Züge, die in der Fig. 557 dargestellt worden sind, haben den Zweck, die Luft zu erwärmen, welche durch den Boden in den Ofen eintritt. Der Herd befindet sich in a, die verbrannte Luft durchströmt gleichzeitig die beiden Reihen von Canälen oder Zügen b, c, d, e, die sich zu beiden Seiten der Luftcanäle befinden; darauf vereinigen sich die beiden Ströme zu einem einzigen, der mit der Esse in Berührung steht.

In allen diesen Apparaten erfolgen die Circulationen stets in senkrechten und nicht in horizontalen Zügen, weil man aus der Erfahrung gefunden hat, daß der Zug weit geschwinder bei der ersten als bei der zweiten erfolgt: es läßt sich dies auch leicht erklären. Zu Anfang des Heizens, wenn die Ziegelsteine kalt sind, kühlt sich der Strom verbrannter Luft ab, wenigstens in seinem mittleren Theil, wenn er sich senkrecht erhebt, was aber in horizontalen Canälen nicht der Fall ist. Der Verfasser hat dies bei Versuchen mit zwei Oefen bestätigt gefunden, von denen der eine horizontale und der andere senkrechte Züge hatte; der erste raucht

Digitized by Google

beim Anfeuern stets, während der zweite vom ersten Augenblick an einen guten Zug hatte.

2192. Oefen von Ziegelsteinen und von Gußeisen mit Wärmeöffnungen. — Diese Oefen (Fig. 562) sind in Frankreich sehr verbreitet, und man findet sie hauptsächlich in den Speisesälen.

Gewöhnlich ist der Rost von gußeisernen Röhren umgeben, welche sich einerseits unter dem Ofen und andrerseits in einem Kasten von Ziegelsteinen befinden und in denen sich die in den Röhren erwärmte Luft sammelt, um von dort aus durch Oeffnungen in das Zimmer zu strömen. Die verbrannte Luft circulirt alsdann, wenn sie durch die Zwischenräume in den gußeisernen Röhren auf dem Herde hervortritt, in der thönernen Masse, indem sie wiederholt auf- und niedersteigt, ehe sie sich in die Esse begiebt. Im Allgemeinen sind diese Apparate sehr schlecht eingerichtet; nur selten erfolgt die Verbrennung auf einem Rost; es geht viel Wärme verloren, was daher rührt, daß die verbrannte Luft mit einer zu hohen Temperatur entweicht und die Oeffnungen, durch welche die Wärme in das Zimmer strömt, zu klein sind.

2193. Eine Einrichtung, welche der allgemein angewendeten weit vorzuziehen sein würde, besteht darin, rings um den Herd eine Reihe von senkrechten Canälen anzubringen, welche die kalte Luft nach einander durchströmt; der Herd-Canal würde eine gußeißerne Röhre enthalten, und alle diese Röhren würden durch Absätze, die auf den Rändern der unteren Oeffnungen in zwei parallelen gußeisernen Platten angebracht sind, gestützt werden; die obere Platte würde den obern Theil des Warmluftbehälters bilden, der mit den Oeffnungen zum Ausströmen der Wärme verbunden ist. Es würde selbst viel einfacher und bequemer sein, den Rauch frei rings um die gußeisernen Röhren abwärts und durch den untern Theil des Kastens in die Esse strömen zu lassen, die von Blech, Gußeisen oder Mauerwerk sein könnte.

2194. Diese Circulirösen von Töpferthon oder Steingut stehen oft allein in den Zimmern, die sie erwärmen sollen, und alsdann sind die Rauchröhren unter dem Boden angebracht, um sich in die Esse zu begeben. Bei dieser Einrichtung muß die Esse an ihrem untern Theile mit einem kleinen Herde versehen sein, welcher den Zug hervorbringt. Dieser Herd reducirt sich aber häufig, mittelst der mit einer Thür versehenen Oeffnung, durch welche man einige Holzspäne oder Papier verbrennt, dessen Flamme den Zug veranlaßt.

Die Figg. 563 u. 564 stellen einen senkrechten und einen horizontalen Durchschnitt von einem isolirt dastehenden Ofen dar, welcher die angegebene Einrichtung hat; die Röhre mit verbrannter Luft ist in der Saugröhre der äußern Luft angebracht, was gewöhnlich nicht der Fall ist, wohl aber den Nutzeffect erhöhen muß.

2195. In den Hospitälern wendet man häufig die in Fig. 565 dargestellten Oefen an, die mehrere über einander angebrachte Sandböden enthalten, welche den Zweck haben, die anzuwendenden Arzneimittel zu erwärmen oder warm zu halten. Die Sandböden bilden die oberen Theile der blechernen Kasten, die nach und nach von der verbrannten Luft durchströmt werden, welche von einem Herde herrührt, der im untern Theile des Apparates angebracht ist.

2196. Amerikanische Anthracitöfen. — Es lassen sich diese Oefen auf vielfache Weise verändern, und wir beschränken uns hier darauf,

Digitized by Google

die bei der Construction am gewöhnlichsten angewendeten Grundsätze kennen zu lernen. Die dabei zu erfüllenden Bedingungen sind: 1) den Herd dadurch in einer hohen Temperatur zu erhalten, daß man ihn wenigstens auf drei Seiten mit Ziegelsteinen umgiebt; 2) den Herd ohne Abkühlung zu speisen, was man dadurch bewirkt, daß man das Brennmaterial von oben in den Ofen gelangen läßt; 3) die Asche leicht zu entfernen, ohne zu viel Luft einströmen zu lassen, indem dadurch das Feuer erstickt würde. Bei allen diesen Oefen sind auch Register angebracht, um das Einströmen der Luft reguliren zu können, und die wesentlichste Eigenthümlichkeit der Anthracitöfen besteht nur in der Vorrichtung des Rostes.

In den Nott'schen Oefen besteht der Rost aus runden Stäben, deren Länge $^2/_3$ der Peripherie beträgt; sie sind an einer Achse befestigt, welche durch den gemeinschaftlichen Mittelpunkt geht und der man durch eine außerhalb angebrachte Kurbel eine hin- und hergehende Bewegung ertheilen kann. Der untere Theil des Herdes besteht aus einem gußeisernen Kasten, der den Rost in der Höhe des Durchmessers von dem durch die Stäbe gebildeten Cylinder umgiebt; man kann den Rost sehr leicht reinigen, indem man ihm eine schwingende Bewegung mittheilt.

Der Rost des Spoor'schen Ofens ist eben und kreisrund, kann sich aber vollständig drehen oder schwingen. Der Rost des Olney'schen Ofens ist weit einfacher; er besteht aus rechtwinkelig gebogenen und so angebrachten Stäben, daß sie zwei Roste bilden, einen horizontalen und einen verticalen. Der erstere trägt das Brennmaterial, der zweite ist gewöhnlich mit einer Thür verschlossen, die nur dann geöffnet wird, um den erstern mittelst eines Eisenstabes zu reinigen, den man durch diese Stäbe gehen läßt.

2197. Oefen mit umgekehrter Flamme. — Einer der ersten Apparate bestand aus einem senkrechten abgestumpften Kegel mit einem Rost an dem untern Theile; er war mit einem durchbrochenen beweglichen Deckel verschlossen. Das Brennmaterial wurde durch die obere Oeffnung eingeschürt und die verbrannte Luft drang durch den durchbrochenen Deckel und begab sich durch die Heizröhren nach der Esse. Der den Herd bildende Rost und die Röhren veränderten sich sehr leicht und wurden leicht unbrauchbar. Man kann jedoch dieses System sehr zweckmäßig verändern, indem man die (1598 u. 1601) beschriebenen Einrichtungen anwendet.

2198. Warmwasseröfen. — Zur Vermeidung der Nachtheile, die von zu stark erhitzten Oberflächen herrühren, könnte man Apparate benutzen, die aus einem mit Wasser angefüllten Gefäß bestehen, welches im Innern durch einen Herd und durch Rauchcanäle von hinreichender Ausdehnung erwärmt wird. Es würden sich keine Dämpfe bilden, wenn die äußere Oberfläche und der Rauchröhrendurchschnitt so berechnet wären, daß der Wärmeverlust durch den Mantel, wenn die Temperatur des Wassers 100° beträge, wie sie durch die Verbrennung des größten Brennmateralgewichts in derselben Zeit hervorgebracht ist, jener gleich wäre. Uebrigens würde es gut sein, auf dem Ofen eine kleine Röhre anzubringen, durch welche der gebildete Dampf nach außen oder in die Rauchröhre strömen könnte. Auch müßte man ein Register haben, mit dem man die Esse verschließen kann, wenn das Wasser den Siedepunkt erreicht hat. Apparate dieser Art würden den Vortheil haben, die Wärme lange Zeit zu erhalten. Jedoch müßten sie kein zu starkes Wasservolum enthalten, weil alsdann ihre Erwär-

Digitized by Google

mung und ihre Abkühlung zu lange dauern und sie zu unbequem sein würden, wenn die äußere Luft zu plötzliche Temperaturveränderungen erlitte.

2199. Oefen mit gleichbleibender Temperatur. — Vor etwa 15 Jahren ersann ein französischer Constructeur einen Ofen, dessen Temperatur mittelst eines Registers, welches den Zutritt der Luft regulirte, eingeschlossen war; die Bewegung dieses Registers wurde durch die Bewegung des Quecksilbers in einer Thermometerröhre bewirkt, eine Bewegung, welche mittelst eines Schwimmers und einer kleinen Kette auf den obern Theil des Registers übertragen wurde. Die Erfindung ist mißlungen, wovon man die Ursache leicht einsehen kann. Nicht der Ofen ist es, der in einer constanten Temperatur erhalten werden soll, sondern das Zimmer, in welchem er angebracht ist, und es muß sich daher die Temperatur des Ofens in entgegengesetzter Richtung von der äußern Temperatur verhalten.

2200. Metallene Oefen mit innerer Luftcirculation — Diese Oefen, die im Allgemeinen mit der Benennung Luftheizöfen bezeichnet werden, bestehen stets aus einem cylindrischen Mantel; sie nehmen die Luft mit dem untern Theile auf und lassen sie mittelst des obern Theils in das Zimmer ausströmen, nachdem es geheizt worden ist. Sie enthalten einen Herd und verschiedenartig gekrümmte Röhren, welche die verbrannte Luft durchläuft, ehe sie aus dem Mantel ausströmt, um sich in die Esse zu begeben.

2201. Einer der ersten Apparate dieser Art wurde von Herrn Chevalier construirt und hatte den besondern Zweck, aus einem Zimmer in das andere geschafft werden zu können. Die Circulation der verbrannten Luft in dem Apparat ist sehr einfach, und die Rauchröhre endigt in einer senkrechten Röhre von 0,60 Met. Höhe, die man in das Kamin oder in die Esse des zu erwärmenden Zimmers einführt. Die Heizoberfläche reducirt sich auf die des Herdes, der einen großen Theil von dem Querschnitte des Mantels, sowie von dem eines cylindrischen gußeisernen Kastens einnimmt, der darüber angebracht ist und in welchem die verbrannte Luft circuliren muß. Ein Scheider nöthigt die Zimmerluft, sich zwischen dem Mantel und dem concentrischen Cylinder, welcher den Herd und den darüber befindlichen Kasten bildet, frei zu erheben; aus mehreren angestellten und genau beobachteten Versuchen hat dieser Apparat in mehreren verschiedenen großen und kleinen Zimmern gute Resultate geliefert. Der Zug wurde stets gut hergestellt; er wurde mit Holz gefeuert, das Register vollständig geöffnet und der umgebende Cylinder von 0,50 Met. Höhe entwickelte verbrannte Luft von 105 Grad. Da nun die Temperatur, welche die verbrannte Luft durch die Verbrennung des Holzes erlangt, unter der Bedingung der Vollständigkeit fast 900 Grad erreichen würde, wenn die entwickelte Wärme gänzlich zur Heizung benutzt worden wäre, so folgt daraus, daß in diesem Apparat der Wärmeverlust wenig mehr als $^1/_9$ beträgt. Jedoch wurden die Versuche unter Verhältnissen angestellt, wie sie bei der gewöhnlichen Heizung nicht stattfinden, und die erlangten Resultate können daher so vortheilhaft nicht sein. Die warme Luft strömte bei diesem Apparat durch vier Seitenöffnungen von kleinem Durchmesser und folglich in geringer Menge und mit einer sehr hohen Temperatur aus, Umstände, welche dem Nutzeffect nicht günstig sind.

2202. Man hat seitdem nach demselben Princip sehr viel Luftwärmeöfen construirt, indem man entweder den Herd oder die Circulation der

Digitized by Google

verbrannten Luft veränderte. Tragbar haben diese Apparate sehr viel Bequemes und scheinen sich verbreiten zu wollen. Da sie einen blechernen Mantel haben, so ist ihre Temperatur minder hoch als die der gewöhnlichen Oefen. Uebrigens können sie auch zur Ventilirung verwendet werden, und es ist zu dem Ende hinreichend, am untern Theil der Esse nur einen gewissen Theil offen zu lassen.

Die in §. 1602 beschriebenen Oefen gehören zu derselben Klasse; sie haben den Vortheil, einen großen Kohlenbehälter zu besitzen, so daß man sie nur in großen Zwischenräumen zu füllen braucht.

2203. Die Figg. 566 und 567 stellen einen Luftwärmeofen dar, der von Herrn von Hamelincourt construirt worden ist. Der Herd C befindet sich in der Mitte; er besteht aus einem Rost und aus vier starken gußeisernen Platten, die man leicht ersetzen kann, wenn sie verbrannt sind. Die Producte der Verbrennung erheben sich senkrecht bis in die Kammer D, wo sie sich theilen, um durch die sechs elliptischen Röhren G H und E F abwärts zu strömen; sie gelangen alsdann in den Raum A, der mit einer Esse in Verbindung steht; um die nachtheiligen Wirkungen der ungleichen Ausdehnungen aufzuheben, hat man Sandfugen angewendet. Dieser ganze Apparat besteht aus Gußeisen und ist nur mit einem länglich viereckigen blechernen Mantel umgeben. Die kalte Luft strömt durch den untern Theil ein, erwärmt sich, ohne Hindernisse anzutreffen, durch die Berührung mit den Metallwänden und gelangt durch eine weite Oeffnung in das Zimmer. Dieser Ofen scheint sehr zweckmäßig zu sein, besonders in Beziehung auf die Heizoberflächen, die sehr vortheilhaft benutzt worden sind.

2204. Viele französische Feuerbaumeister haben mehr oder weniger gut eingerichtete Luftwärmeöfen construirt, jedoch haben bei fast allen die Oeffnungen, durch welche die Wärme ausströmt, zu geringe Dimensionen. Die meisten schätzen den Nutzeffect eines Apparates nach der Temperatur der erwärmten Luft, während das, was man untersuchen muß, in der Erwärmung einer großen Luftmenge auf eine minder hohe Temperatur besteht. Diese vorgefaßte Meinung ist bei den Ofenbaumeistern so eingewurzelt, daß ihre Ideen und Entwürfe oft höchst wunderlich sind und sie sich nicht scheuen, mit wahrhaft närrischen Behauptungen aufzutreten.

2205. Die zweckmäßigste Einrichtung für die Circulation der verbrannten Luft besteht darin, sie unmittelbar über dem Herde bis zum höchsten Punkte des Apparates aufsteigen und alsdann in einen doppelten Mantel, der unten mit der Esse in Verbindung steht, niedergehen zu lassen. Die mittlere Röhre und der ringförmige Canal werden durch einen Cylinder von dünnem Blech getrennt, der sich durch Ausstrahlung erwärmt, wobei nun die verbrannte Luft in den ringförmigen Canal niedergeht und sich alsdann gleichmäßig verbreitet. Die Fig. 568 stellt einen Luftwärmeofen dar, welcher die gesammten Einrichtungen enthält, die sehr zweckmäßig zu sein scheinen. Der Herd ist mit einer Ziegelsteindicke umgeben, da angenommen worden ist, der Ofen verbrenne trockene Steinkohlen. Die Reinigung dieses Apparates wird leicht dadurch bewirkt, daß man die Verschlüsse des mittlern und des ringförmigen Canals wegnimmt. Wenn der Mantel einen länglich viereckigen Querschnitt haben sollte, so müßte die verbrannte Luft durch zwei länglich viereckige, zu beiden Seiten neben dem Canal über dem Herde angebrachte Röhren niedergehen. Wenn der Apparat eine bedeutende Heizoberfläche haben sollte, so könnte man das innere

Digitized by Google

Ziegelsteinfutter weglassen und an den gußeisernen Röhren zum Aufsteigen der Luft Anhänge anbringen, die sich nach innen und außen verlängerten, jedoch die allgemeine Einrichtung des Apparates nicht veränderten.

Kaminöfen.

2206. Wir bezeichnen hiermit Heizapparate, die meistentheils den Kaminen darin gleichen, daß sie das Feuer sehen lassen, während sie wie die Oefen die Luft durch die Wände erwärmen. Man kennt sie in Frankreich ganz allgemein unter der Benennung der preußischen Kamine.

Der einfache Apparat besteht aus einem länglich viereckigen Kasten, ähnlich dem Herde eines Lhomond'schen Kamines; der Kasten besteht zuweilen aus Gußeisen, gewöhnlich aber aus Blech. Der vordere Theil kann nach Belieben mittelst einer senkrechten Platte geschlossen und geöffnet werden; diese Platte besteht aus drei Blechtafeln, die man mittelst zwei Ketten, welche über eine eiserne Walze laufen läßt, heben und senken kann, und zwar wird diese Bewegung mittelst einer seitwärts angebrachten Kurbel bewirkt. Es werden diese Apparate gewöhnlich vor einem Kamin angebracht, welches man vorher verschlossen hat, und der Rauch wird durch eine kurze horizontale, oder durch eine bis zur Decke reichende senkrechte Röhre in die Esse geführt. In diesem letztern Falle ist die hervorgebrachte Wirkung offenbar bedeutender, indem die Heizoberfläche vergrößert ist. Die inneren Wände bestehen gewöhnlich aus sechs Ziegelsteinen. Die Röhren, durch welche sich die verbrannte Luft entwickelt, haben, wie die der gewöhnlichen Kamine, Durchmesser von 0,20 bis 0,30 Met. Diese Apparate haben die Vortheile und die Nachtheile der offenen Kamine; allein sie theilen eine gewisse Wärmemenge durch die äußeren Wände mit.

2207. Man gießt jetzt viele Kaminöfen, die mit Steinkohlen gefeuert werden, aus Gußeisen, und zwar aus einem Stück; der Rost ist bogenförmig, und der Zwischenraum, der den Rahmen des Rostes von dem des Herdes trennt, kann durch eine bewegliche gußeiserne Platte verschlossen werden.

2208. Man hat, wie bei den offenen Kaminen, einen Theil der Wärme der verbrannten Luft zur Erwärmung der Ventilirungsluft benutzt. Desarnot hatte einen Apparat construirt, der einen bedeutenden Nutzeffekt gab, der aber, weil er zu verwickelt war, nur dann gereinigt werden konnte, wenn man ihn gänzlich aus einander nahm. Es werden jetzt viele Einrichtungen dieser Art benutzt, allein sie haben nichts Eigenthümliches und sind im Allgemeinen denjenigen ähnlich, die wir weiter oben bei den Kaminen kennen gelernt haben. Uebrigens können diese letzteren Apparate leicht in Kaminöfen verwandelt werden, indem man sie mehr in das Zimmer vortreten läßt.

Untersuchung der verschiedenen Arten der angewendeten Heizungen.

2209. In dem Vorhergehenden haben wir die verschiedenen Arten der Heizungen und Ventilirungen beschrieben, die in unseren Wohnungen angewendet werden; um sie mit einander zu vergleichen, muß man zuvör-

Digitized by Google

derst die zu erfüllenden Bedingungen feststellen und die Wirkungen der verschiedenen Systeme untersuchen.

2210. Die zu erfüllenden Bedingungen bestehen darin, die Temperatur auf einem gewissen, fast constanten Grade zu erhalten und eine im Verhältniß zu den Umständen stehende wirksame Ventilirung herbeizuführen, eine Ventilirung, die nicht unter 6 Kubikmet. auf die Person und in der Stunde betragen darf.

2211. Wir wollen ein Zimmer von mittleren Dimensionen und einer constanten Temperatur, die äußere Luft während der sieben Monate, in denen geheizt wird, zu 6 Grad und die innere Temperatur zu 15 Grad annehmen; es soll nun die von den Mauern, sowie von dem Boden aufgenommene Wärmemenge, wie die bei der Feuerung verlorene berechnet werden.

Wir wollen annehmen, daß es 5 Met. breit, 4 Met. hoch, mit zwei Fenstern, von denen jedes 3,30 Met. hoch, 1,20 Met. breit, versehen und seine Gesammtoberfläche 5,52 Quadratmet. sei; die der Luft ausgesetzten Röhren haben alsdann 14,48 Quadratmet. Wir nehmen die Tiefe des Zimmers zu 5 Met. an, sowie drei Thüren, die zusammen 7,25 Quadratmet. Oberfläche haben; die gesammte Oberfläche der Seiten- und der Hintermauer wird $60 - 7{,}25 = 52{,}75$ Quadratmet. betragen. Nimmt man nun ihre Dicke zu 0,40 Met., so wird die Menge der von ihnen absorbirten Wärmeeinheiten von 0 bis 15^0 $52{,}750 \times 0{,}4 \times 2{,}2 \times 15 \times 0{,}5 \times 1000 = 348150$ betragen. Nimmt man ferner an, daß der Boden 0,50 Met. dick sei, daß die hölzernen Theile die Hälfte des gesammten Volums und die von Gypsmörtel $^1/_4$ desselben betragen, so wird das Volum des Holzes gleich $25 \times 0{,}30 \times 0{,}5 = 3{,}75$ Kubikmet., das des Gypses gleich 1,87 sein. Die von dem Holz absorbirte Wärme wird von 0 bis 15^0 betragen $3{,}75 \times 1000 \times 0{,}6 \times 15 \times 0{,}5 = 16875$; die des Gypses wird gleich sein $1{,}87 \times 1000 \times 1{,}25 \times 15 \times 0{,}19 = 6660$. Nimmt man für das Zimmer nur die Hälfte von der Wärme der inneren Mauern und die von dem Fußboden oder von der Decke, so wird die Summe dieser Wärmemengen sein $174075 + 16875 + 6660 = 197610$.

Da die Oberfläche der der äußern Luft ausgesetzten Mauern 14,48 Quadratmet., die der Fenster aber 5,52 beträgt, so wird die gesammte durch das Quadratmet. und in der Stunde durchgelassene Wärmemenge betragen (867 u. 881) $14{,}48 \times 16{,}23 + 5{,}52 \times 23{,}85 = 366$.

2212. Es lassen sich daraus mehrere wichtige Folgerungen machen. 1) Nimmt man eine Unterbrechung der Heizung von 10 Stunden an, wie es gewöhnlich der Fall ist, so würde der Wärmeverlust durch die Fenster und die Mauern durch das Sinken der Temperaturen der inneren Oberflächen des Zimmers stets geringer werden; nimmt man sie aber gleich der an, die während der Heizung stattfindet, so würde sie 3360 betragen, während die in den Mauern und in dem Boden befindliche Wärme 197500 beträgt. Es ist demnach der Verlust nur ein sehr kleiner Theil von der in den Mauern eingeschlossenen Wärme; dieser Verlust ist nothwendig mit den Dimensionen der Fenster und der Mauern verschieden, jedoch kann man annehmen, daß er in den gewöhnlichen Fällen sehr gering ist, um so mehr, da ihn die Fenstervorhänge wesentlich vermindern. 2) Wenn durch eine lange Unterbrechung der Heizung die Temperatur der Mauern eine geringe

Digitized by Google

geworden ist, so ist sehr viel Zeit und eine lange Heizung erforderlich, um sie wieder herzustellen.

2213. Es ist wichtig, zu bemerken, daß, wenn die Mauern eines Zimmers eine niedrige Temperatur hätten, und wenn man sie durch Strahlung oder einen warmen Luftstrom oder durch beide Mittel zu gleicher Zeit erwärmte, indem man einen Luftwärmeofen in dem Innern anbrächte, die warme Luft sich nur langsam abkühlen würde, da sie an den Mauern niedergeht, und zwar mit einer Langsamkeit, die in dem Maße zunähme, als die innern Oberflächen der Mauern mehr geheizt werden würden, und daß sich folglich die Heizung des Zimmers momentan nur bei einem bei weitem größern Brennmaterialaufwande hervorbringen lassen würde, als wenn die Temperatur der Wände sehr ausgeglichen wäre.

Wir wollen jetzt die Wirkungen untersuchen, die durch verschiedene Heizungssysteme, verschieden sowohl in der Heizung selbst, als auch in der Ventilirung, hervorgebracht worden sind.

2214. Heizung durch Strahlung. — Die am allgemeinsten angewendeten Kamine sind die mit verengter Oeffnung und die mit beweglicher Platte (2148). Bei diesem Heizverfahren benutzt man, wie wir gesehen haben, nur einen kleinen Theil von dem Strahlungsvermögen des Brennmaterials, und es ist alle Wärme, die von der Luft weggenommen und zur Verbrennung gedient hat, für die Heizung verloren. Da nur die Kaminöffnung frei ist, so saugt diese und die Esse eine sehr große Luftmenge an, welche die Verbrennung nicht speist. Diese Kamine sind daher schlechte Heiz-, aber sehr bedeutende Ventilirungsapparate. Um einen Begriff von den hervorgebrachten Wirkungen zu haben, wollen wir einen Herd annehmen, der mit einer Esse von 0,20 Met. Durchmesser und 20 Met. Höhe in Verbindung steht, auf welcher man nur 1 Kilogr. Holz in der Stunde verbrennt, so daß die producirte Wärmemenge fast gleich 2600 Wärmeeinheiten ist. Nimmt man nun an, daß 2000 mit der Luft in die Esse strömen, daß die Temperatur des Zimmers 15^0 sei, so wird man die Temperatur der Luft in der Esse zu 32^0 und das in der Stunde angesaugte Luftvolum zu 375 Kubikmet. finden. Dieses Volum würde aber weit bedeutender sein, wenn der Querschnitt und die Esse größer wären, und es würde dann auch der Brennmaterialverbrauch bedeutender sein. Die Ventilirung wird jedoch immer wesentlich durch den Widerstand vermehrt, den die Luft beim Eintritt durch die Spalten der Fenster und Thüren erleidet, sowie durch die Veränderung des Druckes, die in dem Zimmer entsteht, verringert; auch steigt sie stets bei der Oeffnung einer Thür oder eines Fensters. Ungeachtet dieser Umstände ist die Ventilirung stets sehr stark und fast immer unbequem, da die angesaugte Luft direct von außen kommt und das Zimmer um so mehr abzukühlen sucht, je niedriger die äußere Temperatur ist. Man wird daher einsehen, daß man, sei der Brennmaterialverbrauch welcher er wolle, zu keiner zweckmäßigen Heizung des Zimmers gelangen kann; es kann selbst der Fall eintreten, daß eine Vermehrung der verbrannten Brennmaterialmenge eine Temperaturveränderung veranlaßte, da die Menge der strahlenden Wärme in einem weit geringeren Verhältniß steigen kann, als die durch die Zunahme des Zuges fortdauernde Abkühlung. Es ist dies eine von dem Verfasser bestätigte Thatsache. Auch muß hinzugefügt werden, daß diese bedeutende Ventilirung der Gesundheit weit weniger zuträglich ist, als man glaubt, weil die angesaugte Luft,

Digitized by Google

welche durch die Thür- und Fensterspalten in das Zimmer dringt, schnell auf den Boden fällt, wo sie sich mit derjenigen vereinigt, welche unter den Thüren durchzieht und am Boden hin zu der Kaminöffnung strömt.

Diese Luft vermischt sich daher nur zum kleinen Theil mit der im Zimmer entwickelten, und nur durch die Bewegung der Personen, welche sich in demselben befinden, durch die Respiration und durch die Beleuchtungsapparate; die Temperatur der Luft steigt von unten nach oben und nach einem um so schnellern Gesetz, je größer die im Zimmer anwesende Anzahl von Personen und je stärker seine Beleuchtung durch Lampen oder Kerzen ist.

2215. Wir haben angenommen, daß die durch die Esse angesaugte Luft durch die Spalten der Thüren und Fenster eingedrungen sei; dies ist im Allgemeinen der Fall. Wenn aber die Thüren und Fenster gut schließen, oder wenn, wie dies auch vorkommt, die Fugen auf irgend eine Weise verschlossen sind, um den Eintritt der äußern Luft zu vermindern, so muß der Rauch in das Innere wieder zurückgehen. Wir wollen zuvörderst annehmen, daß das Zimmer genau verschlossen sei, so wird die Verbrennung den Luftdruck im Zimmer fortwährend vermindern und die Wärmeluftsäule in der Esse muß ganz aufhören, wenn sich der Druck der Atmosphäre auf den obern Theil der Esse verliert, um dem, welcher von der warmen Luftsäule herrührt, dem Luftdruck im Zimmer, das Gleichgewicht zu halten. Dieses Gleichgewicht könnte aber nur dann stattfinden, wenn alle Theilchen eines und desselben horizontalen Querschnittes der warmen Luftsäule mit einander verbunden und genöthigt wären, sich mit einander in gleicher Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit zu bewegen. Dem ist aber nicht so, sondern die Theilchen sind von einander unabhängig, so daß der geringste Unterschied der Reibung dieses Gleichgewicht aufheben würde und zwei Strömungen entstehen müßten, von denen die eine die aus der Esse ausströmende warme, die andere aber die äußere, in das Zimmer tretende Luft bestimmt, welche letztere einen Theil der Verbrennungsgase mit sich nimmt.

Wir wollen weiter annehmen, daß das Zimmer nicht genau verschlossen sei und daß die Summe der Eintrittsöffnungen der Luft nach und nach zunimmt, so würden sich die erwähnten doppelten Strömungen noch so lange zeigen, bis die Oeffnungsquerschnitte gewisse Ausdehnungsöffnungen erreicht hätten, welche von den Dimensionen der Esse und von dem Brennmaterialverbrauch abhängen. Dieser Mangel an Eintrittsöffnungen für die äußere Luft und zur Ventilirung der Zimmer hat noch den Nachtheil, die Einführung der äußern Luft durch die Kamine in den benachbarten, durch Thüren verbundenen Zimmern zu begünstigen, so daß es oft nicht möglich ist, die Kamine gleichzeitig zu feuern, weil sonst Rauch aus der Esse in das eine Zimmer tritt, welches nicht geheizt werden konnte (2180). Man bringt häufig in den Wänden der Häuser Oeffnungen an, die mit durchbrochenen gußeisernen Platten versehen sind und den Zutritt der Luft hinter die Herde gestatten; es ist aber die gesammte Summe der freien Oeffnungen im Allgemeinen zu klein.

2216. Es verbrauchen demnach die Kamine, wie man sie fast überall in Frankreich findet, nur einen sehr kleinen Theil von Brennmaterial; sie veranlassen eine große Ventilirung, wenn es die Thür- und Fensterspalte gestattet, allein diese Ventilirung findet durch kalte Luftstrahlen statt, die

Digitized by Google

sich auf eine große Entfernung fortpflanzen, stets unangenehm sind und in gewissen Fällen bedeutende Krankheiten herbeiführen können, hauptsächlich in den Gesellschafts- und Ballsälen, in denen die Damen oft längere Zeit eisigen Luftströmungen ausgesetzt sind. Häufig kommt auch Rauch in das Zimmer, wenn nicht Vorrichtungen in demselben angebracht sind, um eine regelmäßige Luftmenge einzuführen.

2217. Der englische Arzt Arnott hat einen Apparat erfunden, der mit Steinkohlen und Kokes gefeuert wird und den wir bereits (537) beschrieben. Wenn er zur Zimmerheizung verwendet wird, so gelangt die äußere Luft unter die bewegliche Platte, die den Herdboden bildet, und die Esse ist in der Höhe der Decke mit einer durch ein Ventil verschlossenen Oeffnung versehen, welches man mittelst einer Schnur mehr oder weniger öffnen kann. Dieses Ventil gestattet eine Regulirung der Ventilirung, allein das Einströmen der kalten Luft in das Zimmer und der kalte Rost auf Strahlen, die sich in einer bedeutenden Verlängerung verändern können, muß sehr unbequem sein.

2218. Die Apparate, in denen man die im Zimmer aufgefangene Luft erhitzt, indem man sie durch Röhren strömen läßt, die um den Kamin angebracht sind, geben offenbar einen größern Nutzeffect, als die einfachen Kamine, da sie einen Theil der verlorenen Wärme benutzen. Außerdem vermindern sie die Ventilirung durch Verkleinerung der Oeffnungen, durch welche Luft in die Esse strömt, und endlich, wenn sie zweckmäßig vorgerichtet sind, stellen sie in der Luft des Zimmers eine Bewegung her, welche die angesaugte Luft vertheilt und dadurch wirksamer zur Ventilirung macht. Stets werden diese Apparate das Brennmaterial nur schlecht benutzen, wenn die Essenöffnung zu groß ist, weil die über dem Rost angesaugte Luft im Gemenge mit der verbrannten nicht mehr eine hinlänglich hohe Temperatur hat, um die von der Luft durchströmten Röhren zu erwärmen.

2219. Oefen. — Alle metallenen Oefen, mag ihre Form und Einrichtung sein, welche sie wolle, können die auf dem Rost entwickelte Wärme vollständig benutzen, vorausgesetzt, daß die verbrannte Luft zuvörderst eine hinreichende Höhe erlangt, um den Zug hervorzubringen, und daß die Rauchabkühlungsoberflächen hinreichend groß sind. Obgleich die verbrannte Luft gewöhnlich mit einer sehr hohen Temperatur ausströmt, so benutzt sie doch fast immer einen großen Theil der Wärme. Die Ventilation ist dagegen bei solchen Apparaten sehr gering, da sie nur die zur Verbrennung erforderlichen Luftmengen ansaugen. Es sind demnach diese Oefen vortreffliche Heizapparate, allein sie sind ungesund. Die Oefen von gebranntem Thon haben dieselben Vortheile, entwickeln auch nicht den besondern Geruch des stark erhitzten Eisens; allein sie sind eben so ungesund als die metallenen Oefen. Die Oefen mit ununterbrochener Schürung, die sogenannten Füllöfen, befinden sich offenbar in derselben Lage. Die Oefen mit constanter Temperatur erreichen ihren eigentlichen Zweck, in einem Zimmer eine gleichbleibende Temperatur zu erhalten, durchaus nicht, indem man in diesem Falle eine Wärmemenge einführen muß, die im Verhältniß zum Ueberschuß der inneren Temperatur über die äußere verschieden ist, da diese letztere fortwährend schwankt.

2220. Die Oefen mit doppelten Wänden verhalten sich nicht anders wie die gewöhnlichen, sobald der Zwischenraum zwischen den beiden Wän-

Digitized by Google

teln von der Zwischenluft durchströmt wird. Wenn aber der Mantel mit der äußern Luft in Verbindung steht, wenn das Rauchrohr in ein unten offenes Kamin eintritt, so wird der Nutzeffect des Brennmaterials wesentlich gesteigert und die Ventilirung wird unter hinreichend guten Verhältnissen erlangt. Wirklich sucht die äußere Luft in das Zimmer zu dringen, da sie in dem Mantelraum erwärmt wird, und da der Ueberschuß der Temperatur der Luft in der Esse über die äußere Temperatur dieselbe Wirkung hat; stets ist aber die Ventilirung mit der Heizung verschieden, und dies ist eine sehr schlechte Einrichtung.

Bei allen diesen Apparaten, sowie auch bei denjenigen, in denen die Luft in den Röhren erwärmt wird, haben die Oeffnungen zum Ausströmen der warmen Luft im Allgemeinen zu kleine Querschnitte. Oft haben für das Publikum und für die meisten Constructeure die Apparate einen um so höhern Werth, je mehr Wärme und je mehr Geschwindigkeit die producirten Luftströme zeigen; dies ist aber gerade das Gegentheil von dem, was man sucht. Man muß eine große Luftmenge mäßig zu erwärmen suchen, um eine größere Wirkung von den Heizoberflächen zu erlangen, und um die Luft nicht zu verändern. Es ist aber dieser angedeutete Constructionsfehler so allgemein, daß man ihn fast überall wahrnimmt, hauptsächlich bei öffentlichen Gebäuden, wo die großen Oefen die geringen Durchmesser der Wärmeöffnungen noch mehr hervortreten lassen. Man könnte sehr viele Beispiele für diese Thatsache anführen, es sollen aber hier nur einige bemerkenswerthe mitgetheilt werden.

Im Jahre 1840 wurde der Generalrath für Fabrikwesen im Handelsministerium zu Paris in einem neuerbauten Saale versammelt. Derselbe hatte kein regelmäßiges Ventilirungssystem, er war für seine Breite zu lang und nur durch einen großen Ofen am Ende erwärmt. Das Bureau war auf einer Erhöhung am entgegengesetzten Ende angebracht und der große Ofen war nur mit sehr kleinen Wärmeröhren versehen, die wohl kaum ein Quadratdecimeter im Querschnitt hatten.

Um den Saal am Tage der Eröffnung der Sitzung der Rathsversammlung gehörig zu heizen, war der Bureaudiener genöthigt, die Feuerung so zu steigern, daß der Ofen bis zu den messingenen Verzierungen der Wärmeöffnungen fast rothglühend wurde; die in dem Saale enthaltene Luft hatte einen sehr unangenehmen brenzlichen Geruch, und während die Hitze in der Nähe des Ofens sehr stark war, empfand man am entgegengesetzten Ende des Saales, da, wo der Minister in seinem Bureau saß, gar keine. Dieser Zustand fand allgemeine Mißbilligung, und der Ofenbaumeister des Ministeriums mußte die Oeffnung, durch welche die Luft einströmte, wesentlich vergrößern und an dem Vordertheil des Ofens eine große Oeffnung von 20 Quadratdecimet., d. h. eine solche, die 20 Mal mehr Durchschnitt hatte als die vorhergehende, anbringen; den übrigen Theil des Ofens ließ man unberührt, um nur die Arbeit in einem Tage vollenden zu können. Eine zweite Esse hinter dem Bureau, an der entgegengesetzten Wand von der des Ofens, wurde unter der Estrade geöffnet, um die verdorbene Luft aus dem Ofen ausströmen zu lassen, und bei der folgenden Sitzung hatte man einen gut erwärmten und ventilirten Raum. Dieselben Mittel sind in mehreren anderen Fällen mit eben so gutem Erfolge angewendet worden.

2221. Man nimmt an, daß die aus dem Ofen strömende Luft nur 20° Wärme enthalten muß; die Verbrennung von 1 Kilogr. Steinkohlen

Digitized by Google

kann alsdann 900 Kubikmet. Luft auf 20 Grad erwärmen und die Ausgangsgeschwindigkeit beträgt sodann 2 Met.; die Wärmeöffnungen müssen für jedes Kilogr. Steinkohlen, welches in einer Stunde verbrannt wird, 12,50 Quadratdecimet. Oberfläche haben. Aber nicht nur die Wärmeöffnungen, sondern auch die gesammten Röhren, durch welche die Luft circulirt, müssen diese Weite haben, denn die Erweiterung am Ende hilft nichts. Die erwähnte Weite ist aber das Maximum und $^2/_3$ derselben sind auch schon hinreichend.

Die in den verschiedenen Fällen zweckmäßigsten Arten der Heizung und Ventilirung.

2222. In Vorzimmern großer Häuser ist die Heizung mittelst Thonöfen, welche mit weiten Wärmeöffnungen versehen sind und eine große Luftmenge mit einer wenig hohen Temperatur ausströmen, die vortheilhafteste; die Feuerung erfolgt nur zu gewissen Zeiten und die erwärmte Luft kann zur Ventilirung der benachbarten Zimmer dienen; auch zur Treppenheizung großer Häuser und Paläste ist diese Methode die zweckmäßigste.

2223. Speisesäle, die nur während der Mahlzeiten benutzt werden, bedürfen nur einer Heizung zu gewissen Zeiten, und es geschieht dies am besten mit blechernen Oefen, die man zu feuern aufhört, sobald die von den Speisenden und den Lichtern hervorgebrachte Wärme hinreichend ist. Die zweckmäßigste Form würde die eines langen und schmalen, länglich viereckigen, rechtwinkligen Prismas sein, welches senkrechte Röhren enthält, die unten mit der äußern Luft in Verbindung stehen und oben die erwärmte Luft in das Zimmer ausströmen lassen, während die verbrannte Luft von oben nach unten durch die Röhrenöffnungen zieht. Eine zur Ventilirung dienende Oeffnung müßte unten in der Esse angebracht sein. Bei kleinen Wohnungen könnte der Ofen einen blechernen Kasten enthalten, der zum Wärmen der Speisen dient. Die thönernen Oefen sind nur dann zweckmäßig, wenn sich fortwährend Menschen in den Sälen aufhalten.

2224. Die Wohnzimmer werden gewöhnlich durch einfache Kamine geheizt. Diese Apparate geben, wie schon wiederholt bemerkt wurde, in Bezug auf die Heizung nur einen schlechten Nutzeffect und einen oft zu großen in Bezug auf die Ventilirung. Der (2174) beschriebene Apparat würde vorzugsweise vortheilhaft anzuwenden sein, weil er die Regulirung der Heizung und Ventilirung gestattet und den größten Theil der producirten Wärme benutzt.

2225. Man könnte auch die gewöhnlichen doppelten Oefen, die sogenannten Luftwärmeöfen anwenden. Man würde auf diese Weise einen weit größeren Nutzeffect erhalten, allein die Ventilirung würde auf die zur Verbrennung erforderliche Luftmenge reducirt werden. Demnach würde es stets leicht sein, eine nach Belieben gestellte Ventilirung in gewissen Grenzen hervorzubringen, wenn man (Fig. 569 u. 570) in die Blechplatte, welche die Kaminöffnung unten verschließt, und durch welche die Rauchröhre des Ofens geht, eine Oeffnung mit Schieber oder Drehregister anbringt, durch welche die Luft des Zimmers in die Esse ausströmt; es wird aber bei dieser Ventilirung die äußere Luft nur durch die Thür- und Fensterspalten eindringen.

Digitized by Google

2226. Wenn die Kaminröhre in oder an einer äußern Wand liegt, so könnte man leicht eine Ventilirung durch ein regelmäßiges Ansaugen der äußern Luft mittelst der in Fig. 570 angegebenen Einrichtung bewirken. A ist die Saugröhre, welche durch die Mauer hinter der Esse geht; B die Ausströmungsröhre für die verbrannte Luft. Darunter befindet sich eine Registeröffnung für das Ausströmen der Zimmerluft.

2227. Wenn das Zimmer eine Esse in der Mauer nicht hat, so erlangt man dasselbe Resultat leicht durch die in Fig. 572 angegebene Einrichtung. A ist eine Saugröhre, BB ist eine Röhre zum Ausströmen der verbrannten Luft, C eine Oeffnung zum Ausströmen der Luft, die mit der Röhre D in Verbindung steht, welche die Ausströmungsröhre der verbrannten Luft umgiebt.

2228. Hat ein zu erheizendes Zimmer gar keine Esse, befindet sich aber eine in dem darüber liegenden, so kann man die in Fig. 571 angegebene Einrichtung annehmen. AA Ausströmungsröhre für die verbrannte Luft oder den Rauch; DD Ausströmungsöffnung für die Luft im Zimmer; BB Röhre, durch welche die äußere Luft angesaugt wird. Diese letztere ist mit einem Anhang E versehen, mittelst dessen man durch Schließung der Register A und a und durch Oeffnen des Registers a b c d das Zimmer heizen kann, ohne es zu ventiliren. Verschließt man nun das Register a, so wird die Ventilirung nur durch die Thür- und Fensterspalten bewirkt.

2229. Wenn ein Saal eine sehr große Länge hat, so kann man die in Fig. 574 dargestellte Einrichtung annehmen. A ist ein eiserner Ofen mit doppeltem Mantel, der die äußere zu erwärmende Luft aufnimmt; B ist eine Esse an der entgegengesetzten Wand, die zu gleicher Zeit zur Erwärmung und Ventilirung dient.

2230. Fig. 575 stellt die Heizeinrichtung eines Zimmers X dar, welches keine Esse hat. Das nächste Zimmer G, welches als Vorzimmer für jenes dient, hat einen Luftwärmeofen H, der mit einem zweiten Warmluftrohr D versehen ist und dessen Rauchröhre BB in das Kaminrohr C gelangt, während das Kamin unten gänzlich geschlossen ist. In dem Zimmer X hat man ein offenes Kamin E angebracht, dessen Röhre F durch den Saal X geht und in die Esse C einmündet. Dieser seit 30 Jahren in der Centralschule angewendete Apparat hat sich als sehr bewährt gezeigt. Man erlangt zu gleicher Zeit die Heizung und Ventilirung des Zimmers X, indem man die Lebhaftigkeit des Feuers in dem Kamin E steigert. Das Zimmer G ist das Bureau, das Zimmer X ist das Cabinet des Directors. Dieses letztere Zimmer, welches sehr hoch und mit einem sehr großen Fenster versehen ist, konnte niemals geheizt werden, während dies jetzt sehr leicht mit einem mäßigen Feuer in dem Kamin E bewerkstelligt wird. Die Oeffnung D ist länglich viereckig, d. h. 0,40 auf 0,20; ihre Oberfläche ist 20 Mal größer, als die gewöhnlich angetroffene, und in der Größe dieser Oeffnung beruht die Wirksamkeit dieses Apparates. Es hat diese Heizungsmethode nur einen einzigen Nachtheil; da die Heizröhre in dem Ofen A nur mit Lehm befestigt ist, wie dies auch bei andern Luftwärmeöfen derselben Art der Fall, so kommt es vor, daß, wenn der Zug des Kamins E stärker als der der Röhre B ist, etwas verbrannte Luft und folglich etwas Rauch in die durch den Canal D ausströmende warme Luft kommt. Diese Rauchmenge ist sehr gering und für den Geruch kaum wahrnehmbar, allein nach und nach wird dadurch die Mauer über der Warmluftöffnung etwas geschwärzt.

Digitized by Google

Die Einmengung einer kleinen Luftmenge in die warme Luft ist bei diesen Oefen unvermeidlich, wenn die Geschwindigkeit der warmen Luft geringer ist, als die der verbrannten, denn man hat durchaus kein Mittel, die Fugen zwischen Metall und Thon luftdicht zu machen. Man könnte aber die Spuren davon gänzlich entfernen, wenn man als Brennmaterial Kokes oder trockene Steinkohlen anwendete, oder wenn man irgend ein Brennmaterial benutzte und die Röhre D in das Zimmer vertreten ließe, oder wenn man an dem obern Theil der Oeffnung eine geneigte Platte anbrächte, welche den warmen Luftstrahl von den Mauern entfernte.

2231. Bei sehr großen Zimmern, denen mehrere andere vorangehen, deren Thüren und Fenster ziemlich gut schließen und deren Kaminöffnung nicht zu groß ist, kann man eine hinreichende Heizung und Ventilirung bei starkem Frost mit einem gewöhnlichen Kamin, jedoch bei Verbrennung von vielem Brennmaterial erhalten. Für viele Personen hat diese Heizmethode einen großen Vortheil, und diese geben ihr den Vorzug vor allen anderen, weil sie frische und nicht erwärmte und getrocknete Luft einathmen.

2232. Heizung und Ventilirung der Säle. — Wenn die Säle eine bedeutende Größe haben und nur wenige Menschen und wenig Heizapparate enthalten, so lassen sie sich nur schwierig und sehr kostbar durch ein einfaches offenes Kamin heizen. Die zweckmäßigste Heiz- und Ventilirungsmethode besteht in diesem Falle darin, in den benachbarten oder in einem eine Etage tiefer liegenden Zimmer einen Luftwärmofen anzubringen, der in den Salon auf der dem Kamin entgegengesetzten Seite eine bedeutende Luftmenge von einer 12° wenig übersteigenden Temperatur einströmen läßt. Das Kaminfeuer vervollständigt die Heizung, veranlaßt die Ventilirung und giebt Gelegenheit zur Benutzung der directen Wärme, die weit angenehmer zur schnellen Erwärmung eines Theils des Körpers ist.

2233. Enthalten aber die Salons viel Personen und viel Licht, so sind die Lüftungsbedingungen sehr verschieden. Nach den allgemein gebräuchlichen Einrichtungen, welche darin bestehen, die Ventilirung durch ein offenes Kamin zu veranlassen, wird die Temperatur in kurzer Zeit so hoch, die Luft zuweilen aber so schlecht, daß viele Personen Kopfschmerzen bekommen; die Lichter brennnen nur schlecht und verbreiten ein sehr mattes Licht. Diese Nachtheile werden durch die Respiration, durch die Beleuchtungsapparate, durch die Stellung der Ansaugeöffnungen und durch die Absorption des Sauerstoffs hervorgebracht, wie wir sogleich nachweisen wollen.

2234. Wir wollen einen Saal annehmen, der 300 Menschen umschließt und durch 100 Kerzen erleuchtet wird; die auf die Person und auf die Kerze verbrauchte Kohlenmenge wird fast 10 Grammen und im Ganzen daher 4 Kilogr. betragen; wir wollen eine regelmäßige Ventilirung von 10 Kilogr. Luft auf die Kerze und in der Stunde, im Ganzen daher 4000 Kubikmet. annehmen. Bekanntlich kann 1 Kilogr. Kohlen 1000 Kubikmet. Luft auf $\frac{8000}{(1{,}3 \times 0{,}24 \times 1000)} = 25{,}64$ Grad erwärmen; sei demnach die Temperatur der Ventilirungsluft am Eingang des Zimmers durch die alleinige Wirkung der Respiration und der Beleuchtungsapparate, welche sie wolle, so wird die Temperatur der Luft auf 25,64 Grad erhöht; wäre aber die Ventilation 2 Mal größer, so würde sich jene, wenn sie auf

Digitized by Google

die Hälfte verringert würde, auf 15,28 Grad vermindern. Freilich ist nicht auf den durch die Fenster und die Mauern bewirkten Wärmeverlust gerechnet, allein derselbe ist im Allgemeinen sehr gering im Verhältniß zu der Wärmemenge, die bei den großen Abendgesellschaften erzeugt wird.

2235. Es trägt aber ein anderer Umstand noch mehr zu der Ungesundheit des Saals bei und macht dieselbe fast unabhängig von der Ventilirung, welche durch ein oder mehrere offene Kamine hervorgebracht wird. Die in das Zimmer strömende Luft, möge sie nun von einem Luftwärmofen oder direct von außen herrühren, hat stets eine weit niedrigere Temperatur, als die des Gesellschaftssaales ist; sie fällt auf den Boden des Kamins, indem sie dem Fußboden folgt und nur wenig erwärmte Luft mit sich führt. Es findet daher nur eine sehr geringe Erneuerung der Luft in einer kleinen Höhe statt, und darüber befindet sich eine unbewegliche Luftschicht, deren Temperatur und Unreinheit mit der Höhe zunimmt. Wir finden hier sehr deutlich den Fall wieder, den wir vorher gesehen haben, als wir von der Bewegung der Luft an ventilirten Orten redeten, an welchen die Ventilirungsluft kälter als die Zimmerluft ist.

Es muß alsdann die Art und Weise der Ventilirung nothwendig verändert werden, indem man die Luft durch den obern Theil ausströmen läßt; die von unten nach oben strömende Luft wird nur in einer sehr bedeutenden Höhe durch die Beleuchtungsapparate erwärmt werden. Die aus den Lungen ausgeathmete warme Luft wird sich direct erheben, und es wird eine mäßige Ventilirung hinreichen, um eine zweckmäßige Temperatur und eine gute, gesunde Luft zu erhalten.

2236. Man könnte eine Oeffnung in der Esse des offenen Kamins in der Höhe der Zimmerdecke benutzen; dieselbe müßte mit einem Register versehen sein, welches man nur, sobald es erforderlich ist, öffnete. Die von der Seite her wirkende Ansaugung würde in die Esse eine gewisse Luftmenge aus dem Zimmer einführen; die Wirkung würde erhöht werden, wenn das Register im Innern niedergelassen würde und den Essenquerschnitt veränderte. Dadurch würde freilich der Zug durch die Oeffnung des Kamins vermindert werden, allein es würde dies vortheilhaft und diese Einrichtung sehr wirksam sein, wenn der Zug der Esse hinreichend ist und die vorher auf 10 bis 12 Grad erwärmte äußere Luft durch eine weite Oeffnung in das Zimmer gelangt. Wenn aber die äußere Luft nicht leicht in das Zimmer strömen könnte und die Esse über der Zimmerdecke nicht hinreichende Höhe hätte, so könnten sich in der Esse zwei Strömungen in entgegengesetzter Richtung bilden und der niedergehende Zug könnte Rauch in das Zimmer bringen.

2237. Man benutzt zuweilen durch horizontale Charniere bewegliche Fensterklappen, die am obern Theil der Fenster angebracht sind. Oeffnet man nun eine oder mehrere von diesen Klappen, so strömt die warme Luft nothwendig aus; wenn aber äußere durch den Luftwärmofen erhitzte Luft in großer Menge in das Zimmer gelangt, um in demselben einen gewissen Ueberschuß des Druckes hervorzubringen, so werden die fraglichen Oeffnungen zwei Strömungen veranlassen; die eine von warmer Luft, die von innen nach außen strömt; die andere von kalter Luft, die eine entgegengesetzte Richtung hat. Die letztere würde aber, wie wir schon gesehen haben, sehr unsicher und oft sehr gefährlich für diejenigen Personen sein, die sich

Digitized by Google

in der Nachbarschaft der Fenster befinden. Jede Ventilirung durch Ansaugen hat nothwendig diese Nachtheile; nur die Ventilirung durch Einblasen kann diese Erneuerung der Luft regelmäßig und sicher bewirken, ohne nachtheilige Luftstrahlen zu veranlassen. Wir kommen auf diesen Gegenstand zurück, wenn wir von der Ventilirung der Spitäler und Zufluchtsorte reden.

2238. Man kann das Ausströmen der warmen Luft durch den obern Theil der mit gewöhnlichen Kaminen geheizten Zimmer mittelst der in Fig. 576 angegebenen Einrichtung erlangen. Zwei senkrechte Canäle in der Dicke der Mauer zu beiden Seiten der Esse öffnen sich in der Nähe der Decke in dem Zimmer und laufen unten hinter den kleinen senkrechten Scheidern aus, welche das Kamin seitwärts verengen. Die oberen Oeffnungen können mehr oder weniger durch Schieber geöffnet werden. Durch diese Einrichtung zeigt sich der Zug der Esse zu gleicher Zeit auf der Kaminöffnung und auf den Oeffnungen in der Nähe der Decke, durch welche die Luft zum Boden niedergeht, um seitwärts in die Esse zu strömen. Das directe Ansaugen durch das Kamin läßt sich leicht durch das Register oder selbst dadurch vermindern, daß man die Scheider wegläßt, welche das Kamin seitwärts verengen, und sie durch senkrechte Roste ersetzt. Die Ventilirung kann auf diese Weise nur oben oder nur unten, oder noch zweckmäßiger etwas von unten und größtentheils von oben bewirkt werden. Das untere Register könnte sehr vortheilhaft durch eine aus kleinen Glascylindern bestehende Platte ersetzt werden, um die Beschaffenheit des Feuers sehen zu können, welches zur Bewirkung der Ventilirung erhalten werden muß. Die Gesammtheit dieser Einrichtung besteht demnach darin, das Kamin zu Anfang einer Abendgesellschaft und weiter hin bis zum Ende zur Ventilirung zu benutzen. Es versteht sich von selbst, daß der Essenquerschnitt zweckmäßig berechnet sein muß.

2239. Wenn z. B. in einem Saal 200 Personen vereinigt sind, so muß man wegen der Beleuchtungsapparate auf eine Ventilirung von 3000 Kubikmet. in der Stunde oder von 0,83 Kubikmet. in der Secunde rechnen; nimmt man nun eine 10 Met. hohe Esse und eine Temperaturzunahme von 10^0 an, so wird die Einströmungsgeschwindigkeit, wenn man die Reibungen unberücksichtigt läßt, etwa 6 Met. sein. Wird sie durch die Widerstände auf die Hälfte vermindert, so wird sie nur 3 Met. betragen; die Esse müßte einen Querschnitt von 0,28 Quadratmet. haben, während der Brennmaterialverbrauch in dem Kamin 5 bis 6 Kilogr. in der Stunde betragen würde. Unglücklicher Weise sind in allen neuerlich erbauten Häusern die Essenquerschnitte zu klein, um eine hinlängliche Ventilirung herbeizuführen; jedoch würde die angegebene Einrichtung stets eine große Verbesserung bei dem Zustande der Dinge herbeiführen.

Bei Sälen für noch weit zahlreichere Gesellschaften müßten die Kamine die angegebene Einrichtung haben; und da es schwierig sein würde, das Zimmer in eine angenehme Wärme zu bringen, so würde es zweckmäßig sein, einen Luftwärmeofen in einem benachbarten Zimmer hinzuzufügen, der in den Gesellschaftssaal warme Luft einströmen ließe.

2240. Alle diese Verbesserungen bei der Heizung und Lüftung der Wohnungen können aber nicht sorgfältig ausgeführt werden, so lange sich nicht die Architekten damit beschäftigen; Alles wird wegen der großen Kosten, welche Verbesserungen veranlassen, außerordentlich erschwert, wenn die Häuser schon fertig dastehen. Bei den jetzigen Plänen der Wohnhäuser bleibt die

Digitized by Google

Ventilirung gänzlich außer Spiel; die ungeheure Luftmenge, welche aus den Zimmeressen ausströmt, wird nur durch die Thür- und Fensterspalten geliefert. Ein nicht rauchendes Zimmer ist daher weit mehr Zufall als ein rauchendes, und wenn äußere Luftfänge angebracht sind, so ist ihre Oberfläche viel zu klein, und sie gehen hinter und rings um den Ofenrost oder Kamin aus, so daß sie die Esse speisen, ohne die Zimmerluft zu erneuern. Es ist dies hauptsächlich in den großen Gesellschafts-, Ball- und Concertsälen der Fall, wo der Mangel an jener Vorrichtung zur Ventilirung oft sehr fühlbar ist, und es steht zu hoffen, daß die Architekten am Ende die Nothwendigkeit begreifen werden, sich selbst mit den Heiz- und Ventilirungsapparaten bei den Entwürfen zu den Häusern zu beschäftigen, indem nur dann allein die Zwecke erreicht werden können.

Die in diesem Capitel entwickelten Betrachtungen reichen hin, den Architekten als Führer zu dienen; es sind die verschiedenen Methoden angegeben worden, die bei der Ventilirung nach den Verhältnissen anwendbar sind, auch ist eine ganze Reihe von Heizapparaten, wie sie in den verschiedenen Zimmern benutzt werden können, angeführt.

2241. Die Wohnungen können nur durch Luftwärmöfen mit Zügen, welche die Luft in verschiedene Zimmer führen, aus denen sie mittelst der Essen ausströmt, geheizt werden. Die mit Dampf erhitzten Oefen bieten keine Vortheile dar; sie sind zu verwickelt und erfordern eine fortwährende Sorgfalt von Seiten des Heizers. Die Warmwasseröfen erfordern, wie schon bemerkt, etwas weniger Aufsicht, wenn eine bedeutende Wassermasse in Circulation ist; allein es ist alsdann die Temperatur entweder zu niedrig oder zu hoch, weil sie so lange Zeit braucht, um eine Veränderung herbeizuführen; ist aber die Wassermasse zu gering, so muß der Kesselofen fortwährend beaufsichtigt werden. Die Luftöfen, durch welche die Luft direct erwärmt wird, verdienen somit den Vorzug vor allen anderen, weil sie weit weniger Anlagekosten veranlassen, weil die Temperatur der warmen Luft sehr rasch verändert werden kann und, da die Leitungsröhren in den Mauern angebracht werden können, die Abkühlung der Luft auf ihrem Wege einen Nutzen hat. Diese Luftwärmöfen sind vortheilhaft, um die Ventilirungsluft der Zimmer auf eine mäßige Temperatur zu erhöhen, und es kann alsdann die weitere Heizung durch besondere Oefen oder Kamine, die in den verschiedenen Zimmern angebracht sind, bewirkt werden.

Der Bearbeiter muß hier hinzufügen, daß die Luftheizung, um eine zweckmäßige Ventilirung zu veranlassen, nur in Palästen und größeren Häusern, niemals aber in größeren oder kleineren Privatwohnungen, so wie sie in unseren größeren Städten jetzt mit so vielem Geschmack und mit so großer Bequemlichkeit angetroffen werden, gelten kann. Ueber die in solchen Wohnungen, namentlich in allen Theilen Deutschlands, zweckmäßigen Heizungs- und Lüftungsapparate sagt der verewigte Peclet, sowie auch der Herausgeber dieser letzten Auflage nur wenig, jedoch sind die mitgetheilten Grundsätze auch in dieser Beziehung als leitende hinreichend, und wird der denkende Architekt leicht im Stande sein, daraus das Weitere zu entnehmen.

Digitized by Google

Drittes Capitel.

Heizung und Ventilirung großer Gesellschaftssäle, Paläste, Amphitheater, Theater u. s. w.

Wir wollen nun die verschiedenen in dieser Beziehung gemachten Anlagen und Versuche mittheilen, wobei wir fast stets die Ordnung befolgen, in der die Heiz- und Ventilirungsapparate aufgestellt worden sind.

Die Börse zu Paris.

2242. Diese Heizung war eine der ersten, die in Frankreich eingeführt wurde, sie rührt vom Jahre 1828 her. Da der Börsensaal einen sehr großen und hohen Raum bildet, so war eine ununterbrochene Heizung von 15° nur sehr schwierig vorzurichten und würde auch einen sehr bedeutenden Brennmaterialverbrauch veranlaßt haben; da nun dieser Saal nur während weniger Stunden des Tages benutzt wurde und die darin befindlichen Personen fast stets in Bewegung sind, so konnte man eine unterbrochene Heizung anwenden. Man hat bei der Ausführung dieser Heizungsapparates nachstehende Bedingungen zu erreichen gesucht: 1) die Erwärmung eines Theiles von dem Boden; 2) die Einführung eines zur gehörigen Lüftung hinreichenden Luftvolums in den Saal; 3) diese Wirkungen durch eine rasche Heizung zu veranlassen. Die Dampfheizung war die einzige, die diesen Bedingungen genügen konnte, und man hat sie daher auch angenommen.

2243. Die Niederdruckdampfkessel befinden sich im südöstlichen Winkel des Kellergeschosses, und zwar unter dem großen Saale. Der Boden der Vertiefung, in welchem die Dampfkessel angebracht sind, besteht aus Steinen, die in hydraulischen Mörtel gelegt sind, und hat eine geringe Neigung, um das Wasser, welches durch die Fugen entweichen könnte, ablaufen zu lassen. Der dem Kessel am nächsten stehende Kasten erhält den Dampf direct; aus demselben geht derselbe in die übrigen gußeisernen Röhren über. Diese Röhren sind 2 Met. lang, 0,16 Met. weit und 0,017 Met. im Eisen stark; sie ruhen auf eisernen Walzen und jedes Röhrensystem ist mit einem Compensator versehen, der in der Mitte seiner Länge angebracht ist. Die vier Kasten und die ganze Ausdehnung der Vertiefung sind mit gußeisernen Platten bedeckt, die mit Falzen auf gußeisernen Balken liegen, welche die oberen Winkel der Vertiefung bilden. An gewissen Punkten der Vertiefung an dem Boden nehmen angebrachte Oeffnungen aus dem Kellergeschoß kalte Luft auf, die, nachdem sie sich rings um die Röhren erwärmt hat, unter den Fußboden und in den Saal, sowie in den vor dem Saal befindlichen Flur strömt. Der Hauptapparat steht mit einem Dampfofen in Verbindung, der im Flur angebracht und dessen unterer Theil mit einer Röhre versehen ist, die sich in dem Kellerraum öffnet; sie hat den Zweck, bei der Heizung die Luft ausströmen und dieselbe wieder eintreten zu lassen, sobald die Dampferzeugung aufhört. Diese Röhre ist mit einem Hahne, vor demselben aber mit einer kleinen Oeffnung versehen.

Eine besondere Röhre, die in unmittelbarer Verbindung mit dem Kessel steht, dient zur Heizung der Dampföfen in den verschiedenen Zim-

Digitized by Google

mern. Bei dem Entwurf hatte man mit Unrecht vorausgesetzt, daß das Condensationswasser durch die Dampfröhren direct zum Kessel zurückgeführt werden könnte, indem es sich in entgegengesetzter Richtung von dem Dampf bewegte; es war dies aber nicht der Fall, und man mußte besondere Röhren für den Rücktritt des Wassers errichten, eine für den vom Kessel entferntesten Kasten und andere für die Oefen.

2244. Die gesammte Oberfläche der Röhren, die in der Vertiefung in dem großen Saale angebracht sind, beträgt 240 Quadratmet.; die der gußeisernen Platten, welche die Vertiefung verschließen, beträgt 177,30 Quadratmet. Die Oeffnungen, durch welche die warme Luft in den großen Saal ausströmt, haben zusammen eine Oberfläche von 2 Quadratmet. Die gesammte Heizoberfläche der Oefen beträgt 50 Quadratmet.

Die Platten, welche die Kästen in den Winkeln der Vertiefung unter dem großen Saal verschließen, haben eine Temperatur von etwa 95°, während die der gußeisernen Platten, womit die Vertiefung ausgelegt ist, etwa 50 Grad beträgt.

2245. Die Heizung der Börse ist eben so gut entworfen als ausgeführt, und sie hat auch alle erwarteten Resultate gegeben. Demnach würde es, wenn man einen andern Apparat dieser Art einzurichten hätte, zweckmäßig sein, die Wände der Vertiefung und des Canals, in welchen die gußeisernen Röhren angebracht sind, durch schlechte Wärmeleiter zu isoliren, um die Transmission der Wärme in dem Boden zu vermindern. Es ist gar nicht zweifelhaft, daß man auf diese Weise eine Ersparung erlangen wird.

2246. Vor einigen Jahren erlitt dieser Apparat einen unbedeutenden Unfall; die gußeisernen Röhren-Compensatoren waren nicht gehörig geschmiert, die mit einander in Berührung stehenden metallischen Oberflächen waren so fest in einander gerostet, daß sie nicht in einander gleiten konnten; ihre Ausdehnung gab daher Veranlassung, daß die Wände des gußeisernen Kastens zerbrochen wurden. Man hat darauf jeden gußeisernen Compensator durch zwei andere kleinere von Kupfer ersetzt, von denen der eine an dem obern, der andere an dem untern Theile der beiden mit einander zu vereinigenden Röhren angebracht ist; der erstere dient zum Durchgang der Dämpfe und der zweite zum Durchgang des Wassers. Man hat auf diese Weise jeden Unfall zu verhindern gesucht.

2247. Der Heizapparat der Börse ist seit länger als 30 Jahren in einer sehr genügenden Thätigkeit, ohne andere Veränderungen erfahren zu haben, als die eben erwähnte und eine Auswechselung der Kessel. Die erlangten Resultate haben den Beweis geliefert, daß die Dampfheizung minder gefährlich ist, als die Warmwasserheizung, nicht der bedeutenden Sorgfalt von Seiten des Heizers bedarf und in der ersten Anlage weniger kostbar ist, da die Heizoberflächen eine höhere Temperatur haben. Außerdem sind auch die Kosten der Heizung, weil weniger Wasser zu sieden und der Verlust bei Nacht unbedeutender ist, geringer.

Das alte Unterhaus zu London.

2248. Die Einrichtung dieser Heiz- und Ventilirungsapparate rührt von dem Engländer Reid her, der auch eine Abhandlung darüber bekannt gemacht hat.

Digitized by Google

Heizung und Ventilirung erfolgen durch einen Strom heißer Luft mittelst Warmwasseröfen, der aus dem Fußboden durch eine große Menge kleiner Oeffnungen hervortritt. Diese Luft gelangt bis zur Decke des Gebäudes, strömt bis zur Sohle desselben mittelst eines außerhalb angebrachten Canals zurück und gelangt alsdann in eine große Saugesse mit einem innern Herd. Die ganze Einrichtung ist in den Figg. 578 und 579 skizzirt und stellt die erstere einen senkrechten und die zweite einen horizontalen Querschnitt über dem Boden des Unterhauses dar. A ist eine durchbrochene Mauer, durch welche die äußere Luft frei einströmt; B ist ein verschlossener Raum, dessen Decke von steinernen Pfeilern getragen und dessen Luft von Substanzen gereinigt wird, die in ihr suspendirt sind, indem sie durch grobe Zeuge oder durch Mauern von feuchtem Kokes geht. CC, weiter Canal unter dem Saale, aus welchem die Luft durch länglich-viereckige Oeffnungen D über dem Canal entweicht. Indem die Luft aus den Kammern B austritt, gelangt sie durch die Oeffnungen E und F in den Canal CC; die erstere führt kalte Luft und die zweite Luft herbei, die in dem Warmwasserofen G erwärmt worden ist. Als Register dienende Thüren 1, 2, 3, 4, 5 und 6 reguliren die Luftmenge, welche durch die Oefen strömt. Indem auch die Luft durch die Oeffnung D geht, dringt sie durch mehrere Tausend kleiner Löcher in das Haus und wird noch mehr dadurch getheilt, daß sie durch einen den Boden bedeckenden Haarteppich geht. Ein anderer Theil der Luft dringt durch den Boden der Tribünen. Aus dem Sitzungssaale strömt die Luft durch eine Anzahl kleiner Löcher, die in dem Getäfel der Decken angebracht sind, gelangt in den Dachraum und mittelst eines Canals I zu der an der Sohle des Hofraums angebrachten Saugesse K. Dieselbe ist in einer Entfernung von 20 englischen Fußen (6,09 Met.) von der Wand des nächsten Gebäudes aufgeführt; ihre Höhe beträgt 110 engl. Fuß (33,44 Met.) und ihr Durchmesser 12 Fuß (3,64 Met.) am untern Theile der Esse und 5 Fuß (1,43 Met.) am obern Ende. Der Rost des Saugherdes ist im Innern der Esse, 8 engl. Fuß (2,43 Met.) über dem obern Ende der Einströmungsöffnung. Die in dem abwärts gehenden Canal angebrachten Register gestatten einen beliebigen Wechsel der Ventilirung.

Dieser Apparat hat regelmäßig mehrere Jahre gewirkt, er veranlaßte eine regelmäßige Ventilirung, hatte aber einen großen Nachtheil: die durch den Haarteppich, der den Fußboden bedeckte, strömende Luft nahm den darauf abgesetzten Staub mit sich. Ueber das angesaugte Luftvolum, den Brennmaterialverbrauch und die Erwärmung der Oefen sind Mittheilungen nicht vorhanden.

Der Palast des Luxemburg.

2249. Dieser Palast wurde früher durch Luftheizöfen erwärmt, und es war im Jahre 1840 die Beschaffenheit dieser Heizung die nachstehende:

Der zu jener Zeit zu heizende Theil des Palastes bestand aus dem halbkreisförmigen Sitzungssaale; derselbe war umgeben von einem Gange, dessen Durchmesser sich auf der Seite des Hofes befindet, von der Bibliothek, einer langen Gallerie, die an den Gang stößt und in die beiden Pavillons, die in den Garten treten, ausläuft; endlich von der Orangerie, die sich unter der Bibliothek befand. Die Heizung erfolgte durch acht Luft-

Digitized by Google

wärmöfen, die unter dem großen Saale angebracht waren, vier zu beiden Seiten eines Ganges, deſſen Achſe mit der des Gebäudes zuſammenfiel. Jeder Ofen enthielt 30 horizontale gußeiſerne Röhren, durch welche gleichzeitig die Luft ſtrömte; jede Röhre war 1,50 Met. lang und 0,16 Met. weit; zuſammen hatten dieſe Röhren eine Oberfläche von 21,60 Quadratmeter; der Roſt war 1 Met. lang und 0,30 Met. breit. Die Gallerie fing die Luft aus dem Garten durch eine mit einem eiſernen Gitter verſchloſſene und am Boden befindliche Oeffnung auf; am anderen Ende befand ſich eine ebenfalls mit einem Gitter verſchloſſene größere Oeffnung, welche die Luft zu den Oefen führte. Zur Erwärmung des großen Saales ging die warme Luft von den Oefen in einen niedrigen Raum unter dem Saale und von dort aus zu den Stufen, auf denen die Sitze angebracht waren; ſie drang durch 1 bis 2 Centimet. hohe Oeffnungen, welche der ganzen Länge nach in dem ſenkrechten Theile der Stufen ſchlitzartig angebracht ſind und zuſammen eine Oberfläche von faſt 4 Quadratmetern bilden. In der Nähe der Ausgangsöffnungen waren die Stufen mit gußeiſernen Platten verſehen, die durch die Luft erwärmt wurden. Das Ausſtrömen der Luft aus dem Saale konnte durch die Oeffnung des Kronleuchters oder durch Oeffnungen in dem obern Theile der Tribünen bewirkt werden; ſie vereinigte ſich dann mit der aus den Gängen und ſtrömte durch die Treppenräume in das Dach über dem Kronleuchter, von wo aus ſie in die Atmoſphäre gelangte.

Vier Centrifugalregulatoren waren zur Ventilirung im Sommer beſtimmt; dieſelben wurden von einem Manne bewegt, hatten 2 Met. Durchmeſſer, 1,50 Met. Breite und ſtanden durch ihre Mitte mit dem Luftfange und durch ihren Umfang mit den Sitzſtufen im Saal in Verbindung; zweckmäßig angebrachte Canäle führten die warme Luft durch Oeffnungen in die Bibliothek, in die Orangerie, die Gänge und die Pavillons.

2250. Zahlreiche Verſuche haben bewieſen, daß zufolge der Ventilirung durch die Oeffnung des Kronleuchters und durch die der Tribünen, bei einer äußern Temperatur von mehreren Graden unter dem Nullpunkte, die Temperatur auf 15° erhalten werden konnte; daß die Ventilirung im Winter ſich auf mehr als 20 Kubikmet. auf die Perſon und in der Stunde erhob, während ſie im Sommer 12 Kubikmet. betrug. Dagegen war die Heizung der Bibliothek, der Orangerie und der Gänge unzulänglich, da ſich die warme Luft in den Canälen abkühlte, welche ſie zu den Ausſtrömungsöffnungen führte.

2251. Die Erneuerung der Luft in dem Saal war ſehr zweckmäßig und ſicher die beſte, die man anwenden konnte, denn jede ſitzende Perſon in dem Saal erhielt einen beſondern Luftſtrom, der ſich um dieſelbe erhob, jedoch nicht wieder zurückkehrte, und es war daher die einzuathmende Luft ſtets vollkommen rein. Im Winter wurde die Ventilirung in Folge der aufſteigenden warmen Luftſäule von ſelbſt bewirkt, indem die Höhe derſelben die Entfernung der Oefen von der des Kronleuchters war. Die Ventilirung im Sommer erforderte aber eine Beaufſichtigung des Mannes, welcher die Ventilatoren in Betrieb ſetzte, und wegen dieſes Umſtandes erſchien die Ventilirung, obgleich mit Unrecht, minder ſicher, als die im Winter durch die Sangeſſen ſtattfindende. Es würde leicht geweſen ſein, in den Zimmern Apparate zur Leitung der Ventilirung anzubringen. Bei der Verrichtung der Apparate war man von dem Grundſatze ausgegangen, daß vor

Digitized by Google

Allem die Gebäude geheizt werden müßten; dieser Grundsatz ist zwar richtig, jedoch unter der Bedingung, daß zuvörderst die oberen Theile des Gebäudes erwärmt werden, indem alsdann die Transmission durch den Boden unberücksichtigt bleiben kann; will man aber die Heizung eines Gebäudes durch warme Luft bewirken, die in Canälen unter dem Boden circulirt, so wird der Wärmeverlust sehr bedeutend. Dieses Resultat fand sich bei den Versuchen, die bei der aus den Wärmeöffnungen in die Orangerie ausströmenden Luft angestellt wurden. Dieser Canal war in der Sohle angebracht und hatte einen quadratischen Querschnitt von 0,80 Met. Seite; er nahm in der Mitte seiner Länge die warme Luft auf, die am Ofen eine Temperatur von 140° hatte. Darauf theilte er sich in zwei Arme, die über die Orangerie hinaus in die beiden Pavillons sich verlängerten, und auf seiner Länge hatte er mehrere Oeffnungen zum Ausströmen der warmen Luft; die aus der mittlern Oeffnung heraustretende hatte 95 Grad, die 6, 12, 18 und 24 Met. davon entfernten Oeffnungen ergaben Temperaturen von 65, 55, 47 und 27 Grad; in die Pavillons gelangte die Luft gänzlich kalt.

2252. Wegen der erwähnten Uebelstände bei der Heizung und Ventilirung des Luxemburg wurde die ganze Anlage auf folgende Weise verändert: statt der acht Luftwärmöfen wurden zwei blecherne Warmwasserkessel angelegt; von diesen Kesseln gingen zwei sehr weite Röhren aus, die sich auf dem kürzesten Wege bis zum Boden der beiden anderen Pavillons erhoben. Jede Röhre lief in ein Expansionsgefäß aus, welches mit einem Ventil geschlossen war, das einem Drucküberschuß von $1^1/_2$ Atmosphären entsprach. Aus einem jeden von diesen beiden Gefäßen liefen 20 kupferne, mit Hähnen versehene Röhren ab, welche die Oefen in den verschiedenen Zimmern speisten und in Canälen circulirten, deren Zweck die Heizung der Luft war. Die Art der Lufterneuerung in dem Sitzungssaal durfte nicht verändert werden, und es wurde nur die Kronleuchteröffnung mit einer Esse umgeben, in welcher sich ein Warmwasserofen befand, der durch einen besondern Herd gefeuert wurde. Unter diesen Verhältnissen sollte während der Sitzungen auf den Fluren und Gängen eine Wärme von 18 Grad, in allen bewohnten Zimmern eine Temperatur von 15 Grad, in der Bibliothek eine solche von 12 Grad, endlich in den Durchgängen und in der Orangerie eine Wärme von 10 Grad vorherrschen. Die mittleren Unterhaltungskosten sollten jährlich 2000 Francs betragen.

2253. Nimmt man sieben Heizmonate, dreißig Sitzungen im Winter und zehn im Sommer an, so würde die Heizung, Ventilirung und der Unterhalt der Apparate jährlich 9600 Frs. kosten, während die frühere, oben beschriebene Heizung und Lüftung durch die Lufterwärmungsöfen und durch verschiedene Kamine (eine Heizung, die sehr ungenügend war) auf 33500 Frs. kam und etwa 10000 Frs. Unterhaltungskosten verursachte. In einigen Zimmern mußte freilich Kaminheizung beibehalten werden; allein wenn man dieselbe, sowie auch die Zinsen von dem bedeutenden Anlagekapital von 180000 Frs. berechnet, so wurde durch die neue Anlage doch eine bedeutende Ersparung erzielt.

2254. Die geheizten Zimmer haben zusammen ein Volum von etwa 60000 Kubikmet.; die Mauern sind 0,50 bis 0,60 Met. dick, ihre gesammte Oberfläche beträgt 7870 Quadratmet. Nimmt man 15 Grad als die Temperatur der Luft in den Zimmern und 6 Grad für die mittlere Tem-

Digitized by Google

peratur der sieben Heizmonate an, so würde die mittlere Wärmemenge, die in der Stunde durchgelassen wird, $7870 \times 16{,}23 \times 3770 \times 23 = 190830$ Wärmeeinheiten sein, die, wenn man einen Nutzeffect von 5000 Einheiten auf das Kilogr. Steinkohlen rechnet, 38 Kilogr. durchschnittlich für die Stunde der Feuerung entsprechen. Alsdann hätte man bei einer wirklichen achtstündigen Heizung und einem gleichen Verlust während der Wärmeausströmung $2 \times 8 \times 38 = 608$ Kilogr., die in Folge von 4 Frs. pro 100 Kilogr. Steinkohlen im mittlern Preise jener Zeit die Kosten auf 24,32 Frs. erheben würden, und selbst diese Summe ist zu hoch, da die Ausgaben an den Tagen, wo nicht geheizt wird, gering sind, weil die Zimmer nur in den angegebenen Temperaturen erhalten werden, wenn sie bewohnt sind, die Leitbarkeit der Mauern aber durch die Boiserien und Tapezierungen, und die der Fenster durch die Vorhänge vermindert wird. Es würde demnach die angegebene Summe mehr als hinreichend sein.

2255. Nachdem das neue Heizungssystem von Duvoir-Leblanc im Palast des Luxemburg, im Palais des Quai Orsay, im Hospital Charenton in der Magdalenenkirche u. s. w. ausgeführt worden ist, lassen sich nachstehende Bemerkungen darüber machen: Die angewendeten Wasserbehälter sind sehr bedeutend, da der im Palast des Luxemburg 70000 Liter aufzunehmen vermag; dadurch wird die Heizung langsam und ist weniger Veränderungen fähig, ein sehr großer Nachtheil für Räumlichkeiten, die nur einige Stunden täglich geheizt zu werden brauchen. Diese auf Temperaturen von 120 bis 140° C. gebrachten Wassermassen können, obgleich alle Apparate vor ihrer Aufstellung gehörig geprüft sind, zu gefährlichen Unfällen Veranlassung geben, da die ganze große Wassermasse mit einander in Verbindung steht. Zu diesen offenbaren Mängeln kommen noch die folgenden: 1) Der große auf die Generatoren ausgeübte Druck, der sich in gewissen Momenten auf mehr als vier Atmosphären erhebt. 2) Die schlechte Einrichtung der Röhren, welche die Wärme in die Zimmer nicht gleichmäßig vertheilen, so daß sie in dem einen oft sehr bedeutend ist, während sie in dem andern fast gänzlich fehlt. 3) Die schlecht verstandene Ersparung in der Anwendung der erwärmten Luft an vielen Punkten. 4) Der Mangel an zweckmäßigen Vorrichtungen, um die Heizung gewisser Zimmer aufzuheben, während die andern fortgeheizt werden. 5) Das schlechte Ansehen der Warmwasseröfen. Es mußten daher wesentliche Veränderungen an den Apparaten in dem Luxemburg gemacht werden.

Die alte Deputirten-Kammer.

2256. Das Sitzungslocal der alten Deputirtenkammer oder des jetzigen gesetzgebenden Körpers zu Paris, sowie die dazu gehörigen übrigen Zimmer werden, wie früher die alte Pairskammer (im Luxemburg), durch sechs warme Luftöfen geheizt, von denen zwei zur Heizung der Gänge und Treppen, vier aber zur Heizung des Saales dienen. Die Art der Vertheilung der Luft in dem Saal und die Art des Ansaugens sind sehr verschieden. Die warme Luft gelangt durch Oeffnungen der senkrechten Theile der Sitzstufen in den Saal, sie wird durch Oeffnungen angesaugt, die an den Wänden und an den Decken der Tribüne angebracht sind, und zwar mittelst einer sehr großen Esse und eines Kokesherdes.

Digitized by Google

2257. Man feuert die Luftwärmöfen mehrere Stunden vor der Eröffnung der Sitzung und läßt das Feuer abgehen, sobald sie beginnt; die Wärme der Leitung und die von den Versammelten hervorgebrachte reicht zur Erhaltung einer zweckmäßigen Temperatur hin. Vor der Sitzung sind die Gänge und Treppen durch die Circulation der Luftmasse in denselben Oefen erwärmt. Der Saal, die Gänge und die Treppen werden täglich ohne Ausnahme geheizt. Der Steinkohlenverbrauch betrug täglich etwa 43 Hektoliter, der Kokesverbrauch in der Saugesse durchschnittlich 2 Hektoliter täglich.

2258. Obgleich dieser Apparat von demselben Architekten früher als im Luxemburg vorgerichtet ist, so hat er doch weniger Mängel, weil der von der warmen Luft durchlaufene Weg kürzer ist; dagegen sind die Ventilirungsmittel minder günstig.

Der Palast auf dem Quai d'Orsay.

2259. Dieser vom Staatsrath und der Rechnungskammer eingenommene Palast ist eben so groß, als das Luxemburg, und enthält Räume, deren Gesammtvolum etwa 60000 Kubikmet. beträgt. Er wird durch einen Warmwasserapparat geheizt, der von Herrn Leon Duvoir vorgerichtet ist, welcher sich verpflichtet hat, in den Zimmern eine Temperatur von 15 Grad zu erhalten, während die Kosten einschließlich des Heizers 30 Frs. täglich betragen.

2260. Der Heizapparat besteht aus einem senkrechten cylindrischen Kessel, der den Herd umschließt und oben mit einer Oeffnung versehen ist, aus welcher sich die verbrannten Gase entwickeln, die auf gleiche Weise vier gußeiserne Cylinder von 0,40 Met. Durchmesser von der Mitte bis zur Peripherie und von dieser bis zu jener durchströmen. Diese Cylinder umschließen Röhren von 0,11 Met. Durchmesser, die von einem von außen herkommenden Luftstrom durchstrichen werden. Von dem obern Theil des Kessels geht eine Röhre aus, welche sich bis zum höchsten Punkt erhebt, woselbst sie in ein Expansionsgefäß ausläuft. Diese aufsteigende Röhre ist von einer Zinkröhre eingeschlossen, die einen 10 Mal größeren Querschnitt hat und von Heu umgeben ist; die äußere Luft erhitzt sich in dieser Röhre, strömt in die zu heizenden Zimmer und wieder durch die Röhre zu dem Kessel zurück, indem sie durch die Oefen geht. Diese Vorrichtungen sind wenig zweckmäßig; die aufsteigende Bewegung der verbrannten Luft in den Heizapparat ist der Benutzung der Heizoberfläche wenig günstig, da die verbrannte Luft stets den kürzesten Weg verfolgt. Die Erwärmung der Luft müßte nicht durch die aufsteigende Röhre stattfinden, weil die Abkühlung des Wassers die Circulation desselben vermindert; man sollte daher die Erwärmung durch die abwärts gehenden bewirken. Außerdem findet zwischen zwei Sitzungen ein wesentlicher Wärmeverlust bei den Oefen und Apparaten statt. Die Ventilirung läßt viel zu wünschen übrig. Der große Saal des Staatsraths wird durch am Boden befindliche Oeffnungen und durch die Fenster ventilirt und steht mit einem Canal in Verbindung, der in den Aschenkasten des Warmwasserkessels ausgeht. Wir haben aber bereits (2062 ff.) gesehen, daß man durch das Ansaugen eines Herdes, der zu gleicher Zeit zur Heizung dient, nur eine unbedeutende und veränderliche oder nur

Digitized by Google

eine sehr theure Ventilirung veranlassen kann, indem man den Rost nicht gänzlich mit Brennmaterial bedeckt.

2261. Ungeachtet dieser Mängel ist die Heizung dieses Palastes der Gegenstand eines sehr günstigen Berichtes von einer Commission von Architekten geworden, ein Bericht, welcher den Beweis liefert, wie nothwendig es ist, bei der Heranbildung der Architekten auch für die nöthigen Kenntnisse in der Physik, in der Wärme und über die Heizapparate zu sorgen, und es ist eben sehr betrübend, daß den Architekten auch die Einrichtung dieser Apparate überlassen wird, während es ihnen an richtigen Begriffen darüber gänzlich fehlt.

Großes Amphitheater des Conservatoriums der Künste und Gewerbe.

2262. Man besitzt bis jetzt so wenig positive Angaben und Resultate von Versuchen über die Ventilation derjenigen Räume, welche für Wohnungen oder Versammlungen einer mehr oder minder beträchtlichen Zahl von Personen bestimmt sind, daß es Morin der Mühe werth erschien, über die für den öffentlichen Gesundheitszustand so wichtige Angelegenheit und über die kürzlich an dem Ventilirungsapparate des großen Amphitheaters im Conservatorium der Künste und Gewerbe vorgenommenen Veränderungen einige Untersuchungen auszuführen. Die erste Schwierigkeit aber, welche sich ihm entgegenstellte, war die Beschaffung eines Instruments, das geeignet war, eine lange Zeit hindurch mit größter Genauigkeit die Geschwindigkeit der Luft in den von ihr zu durchströmenden Röhren zu messen. Es erzeugen sich in der That bei der in mehreren Röhren gleichzeitig stattfindenden Bewegung der Luft manchmal Störungen und Unterbrechungen, welche es erfordern, daß die Beobachtungen lange genug gemacht werden, damit man wenigstens sicher sein kann, ein hinreichend genaues durchschnittliches Resultat zu erhalten. Auf der andern Seite kann es vorkommen, daß sehr bedeutende Geschwindigkeiten der Luft zu messen sind, wozu sich die bisher gebräuchlichen Instrumente nicht mehr eignen. Es erschien ihm daher nothwendig, einen Anemometer machen zu lassen, versehen mit bequemeren Beobachtungsmitteln, als sie die jetzigen Apparate dieser Art bieten.

Er übertrug die Ausführung desselben dem Instrumenten-Ingenieur Bianchi und stellte ihm dabei folgende Bedingungen: 1) das Instrument muß alle Luftgeschwindigkeiten messen, welche zwischen 0 Met., 40 und 0 Met., 50 bis 30 oder 50 Met. in der Secunde wärmen; 2) die Zahl der Umgänge des Windrades, soll durch einen Zähler während einer Zeit ermittelt werden, welche eine Stunde oder bei sehr großen Geschwindigkeiten 15 — 30 Met. betragen kann; 3) das Instrument darf nur einen geringen Raum einnehmen, damit man es auch in Canälen von kleinem Querschnitt, in Ventilatoren u. s. w. gebrauchen und dasselbe, je nach den Umständen der Versuche, nach verschiedenen Richtungen gestellt werden kann. Diese Bedingungen sind von dem Künstler auf geschickte Weise erfüllt worden.

Das Instrument stimmt im Wesentlichen genau mit dem Principe des Woltmann'schen Flügels überein. Je nachdem man größere oder kleinere Luftgeschwindigkeiten messen will, steckt man ein Flügelrad von kleinerm oder größerm Durchmesser auf die Welle des Instruments. Vor der Be-

Digitized by Google

nutzung wurden sämmtliche Anemometer genau justirt, d. h., die ihnen entsprechenden Constanten bestimmt. General Morin wendete hierbei folgendes Verfahren an: Im Schiffe der alten Kirche der Abtei Saint Martin wurde eine vertikale Welle errichtet, an der sich ein Haspel befand und an deren oberm Ende ein horizontaler Hebelarm von 8 Met. Länge angebracht war. Durch ein System von Rollen, deren eine am Dachgebälk des Schiffes bei 18 bis 20 Met. Höhe befestigt war, wurde ein Gewicht an einem sich um den Haspel wickelnden Seil aufgehangen und die beim Sinken desselben hervorgebrachte Bewegung dazu benutzt, die stehende Welle in Umdrehung zu setzen; durch die Einrichtung des horizontalen Armes wurde diese Umdrehung fast ganz gleichförmig gemacht. Das Flügelrad wurde in 4 Met. Abstand von der Achse der stehenden Welle an dem horizontalen Arme so angebracht, daß die Achse des Flügelrades jederzeit mit dem von dem Mittelpunkte des Rades beschriebenen Kreis tangirte. Durch eine einfache Vorrichtung war der eine Beobachter in den Stand gesetzt, den Zählapparat des Anemometers in oder außer Gang zu setzen, sobald ein zweiter, die Umdrehungszahlen der stehenden Welle zählender Beobachter commandirte. Aus den beobachteten Geschwindigkeiten v des Anemometers und den Umdrehungszahlen desselben um seine Achse n pro Zeiteinheit ergeben sich nach der Methode der kleinsten Fensterquadrate die Constanten a u. b in der Gleichung $v = a + b\,n$.

Der Halbmesser des vom Anemometer durchlaufenen Kreises war hinreichend groß, um annehmen zu dürfen, das Anemometer habe sich progressiv fortbewegt mit einer der Tangentialgeschwindigkeit der Achse gleichen Geschwindigkeit. Die Steigerung dieser Geschwindigkeit bis zu 9 bis 10 Met. pro Secunde bewirkte man durch allmälige Vermehrung des Gewichts, welches die stehende Welle, wie erwähnt, in Umdrehung setzte.

Bei dem beschriebenen Apparate war es nicht möglich, die progressive oder Stoßgeschwindigkeit des Anemometers über 10 Meter pro Secunde zu steigern. Um daher die Anemometer auch für größere Geschwindigkeiten zu justiren, bediente sich Morin eines kleinen Ventilators von 0,3 Met. Durchmesser mit ebenen radialen Schaufeln und ließ durch diesen Ventilator Luft in ein cylindrisches Rohr treiben, dessen Querschnitt eben so groß war, daß das Anemometer darin angebracht werden und sich drehen konnte. Hierbei war darauf Rücksicht genommen, daß die Luft in jenem cylindrischen Rohre genau dieselbe Geschwindigkeit hatte, wie beim Austritt aus dem Gehäuse des Ventilators in das daran angebrachte Ansatzrohr von rectangulärem Querschnitte. Der Ventilator wurde durch eine kleine Dampfmaschine bewegt und machte 127 bis 2220 Umdrehungen in der Minute. Dabei erhielt man Luftgeschwindigkeiten bis zu 40 Met. pro Secunde, was das gewöhnliche Bedürfniß weit überschreitet, und man fand, daß die zuerst bestimmten Geschwindigkeiten v zu den nach dem Verfahren bestimmten v', unter übrigens gleichen Umständen, stets in demselben Verhältniß standen, d. h. stets $\frac{v}{v'} =$ einer Constanten k war. Ueberdies ergab sich aber bei diesen Versuchen, daß ein gewisses constantes Verhältniß zwischen der Rotationsgeschwindigkeit der Ventilatoren und der Geschwindigkeit der Luft stattfindet, welche sie in ein Rohr treiben oder daraus herbeisaugen; dieses Verhältniß hängt übrigens nicht blos von den Dimensionen solcher Röhren,

Digitized by Google

sondern auch von der Größe der centralen Admissionsöffnungen ab. Darüber wird Morin später berichten. Mit Zugrundelegung der hierbei erhaltenen Resultate wird es später sehr leicht, sein Anemometer zu justiren.

2263. Einrichtung des Ventilirungsapparates im großen Amphitheater. — Die Ventilirung des großen Locals ist mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden, wenn man berücksichtigt, daß sich Abends 700 — 800 Zuhörer und selbst noch mehr darin versammeln, und daß die Heizung dergestalt einzurichten ist, daß bei zwei auf einander folgenden Vorträgen die Temperatur dieselbe bleiben muß, wenngleich die Zahl der Zuhörer in beiden eine verschiedene ist. Eine vor mehreren Jahren angebrachte Vorrichtung hat den Erwartungen nicht vollständig entsprochen. Die Saugröhren hatten kaum 0,65, und der Schornstein 0,49 Quadratmet. Querschnittsfläche; nach dem obern Theile fand kein Zug statt. In Folge dieser zu beschränkten Verhältnisse stieg die Temperatur beträchtlich und die Luft wurde in den oberen Theilen des Amphitheaters schädlich, oftmals wurden Zuhörer unpäßlich. Morin verständigte sich deshalb mit dem Architekten des Conservatoriums, und es wurde eine Abänderung der bisherigen Einrichtung Herrn Leon Duvoir übertragen.

2264. Das große Amphitheater des Conservatoriums wird während der Zeit der öffentlichen Sitzungen bis zu einer Temperatur geheizt, welche nicht unter 15° betragen darf und sich gewöhnlich bis zu 20° erhebt, wenn darin 800 Personen versammelt sind, wie es bei gewissen Vorträgen gewöhnlich der Fall ist. Die Temperatur muß aber nothwendig in allen, sowohl den unteren als den oberen Theilen, dieselbe sein, und ferner ist es wichtig, daß, ohne das Auditorium zu geniren, eine hinreichende Quantität herausgezogen wird, um jede unangenehme Ausströmung zu beseitigen.

Um dies zu erreichen, hat Duvoir am untern Theile der Stufen des Amphitheaters unter den Füßen der Zuhörer Zugöffnungen durchgebrochen, welche mit den Röhren in Verbindung stehen, die unter den Stufen hinlaufen. Solcher Oeffnungen giebt es 39, wovon 34 eine Größe von 0,08 Met. bei 0,40 Met. haben und auf die zwei Drittel der Höhe des Amphitheaters vertheilt, die anderen 5 aber unter der ersten Stufe gelegen sind und eine Größe von 0,15 Met. bei 0,60 Met. haben. Alle diese Röhren vereinigen sich in einem unter dem Amphitheater liegenden Raume, welcher den Warmwasserheizapparat enthält. In diesem Raume und in einer Höhe von 0,50 Met. über dem Boden befinden sich vier Zuglöcher, welche vier vertikalen Röhren angehören, die sich in einem einzigen horizontalen Rohre vereinigen, das mit einer großen Zugesse in Verbindung steht, worunter sich eine Feuerung befindet, die aber nur im Nothfalle gebraucht wird.

Warmwasserleitungsröhren mit verstärkten Theilen, die man Bouteillen nennt, gehen in den Boden der horizontalen Röhre, um die Luft darin zu erwärmen und die Saugung zu bewirken.

Die vertikale Zugesse enthält zwei gußeiserne Röhren, wovon eine mit der Feuerung einer Dampfmaschine in Verbindung steht, die andere aber als Anfang der Esse des Heizapparates dient. Diese beiden Röhren sind mit zwei anderen kleineren verbunden, welche die Esse des kleinen Hülfsapparates bilden, der den Zweck hat, den Luftzug zu bewirken oder ihn

Digitized by Google

im Nothfalle zu beschleunigen. Außerdem war an der Decke des Amphitheaters über dem höchsten Theile der Stufen ein großes Zugloch angebracht, das mit einer horizontalen Röhre verbunden ist, welche in die große Esse ausmündet.

2265. Die Querschnitte der Auszüge der von dem Amphitheater ausgetriebenen Luft haben eine Totalfläche von 1,652890 Quadratmet., der freie Querschnitt in der Zugesse beträgt 0,946 Quadratmet. und folglich nur $\frac{0{,}946}{1{,}653} = 0{,}57$ desjenigen der Zuglöcher, was eine Beschleunigung der Geschwindigkeit an der Ausmündung der Röhren in die Esse nothwendig macht. Es ist indessen begreiflich, daß es schwierig ist, dieses Uebel zu beseitigen, ohne der Esse viel bedeutendere Dimensionen zu geben und folglich sehr viel Kosten darauf zu verwenden.

2266. Das bei den Versuchen befolgte Verfahren war folgendes: Um die durch diese Oeffnungen strömende Luftquantität zu bestimmen, erkannte man es bald bei den ersten Versuchen als ziemlich nothwendig, die Beobachtungen eine lange Zeit hindurch fortzusetzen, um sich vor den sehr beträchtlichen Störungen sicher zu stellen, die sich in der Luftbewegung erzeugen. Es geschieht in der That manchmal, daß auf eine ziemlich große Geschwindigkeit ohne anscheinende Ursache eine sehr geringe Geschwindigkeit folgt. Auch wurde es ferner außer Zweifel gestellt, daß es nothwendig ist, die Anemometer in den Leitungen in einer Entfernung von ihrem Anfange aufzustellen, die wenigstens der Breite gleich ist, damit sie bei einem Theile der Strömungen oder der Strahlen des Fluidums ziemlich parallel gehen. Da fünf Anemometer zur Disposition waren, so stellte man vier davon in den Röhren der innern Kammer auf; der fünfte diente zu den Beobachtungen in der obern Röhre.

Gleichzeitig, als man die Geschwindigkeit beim Ausströmen der Luft beobachtete, wurde von der Temperatur des Amphitheaters, und zwar unten und oben, dann auch von der Zahl der anwesenden Personen und endlich der Temperatur der Luft sowohl in den Röhren als außerhalb Notiz genommen.

2267. Bei den Versuchen, welche die größten Luftvolumina lieferten, überstieg die Geschwindigkeit nicht viel 2 bis 2,15 Met. in den Röhren, und bei jenen Versuchen, welche weniger gaben, fiel diese Geschwindigkeit nicht unter 1 oder 1,10 Met. herab.

Am 12., 14. und 27. Februar, an welchen Tagen die Temperatur einen sehr niedern Stand, beinahe 0 hatte, wuchs das Luftvolum mit der Zahl der Zuhörer, jedoch in schwachem Verhältniß, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht:

	12.	14.	27. Februar
Zahl der Zuhören	450	775	800—850
Ausgeströmte Luft in 1 Secunde	10350	11657	12711 Kubikmet.

Folglich ist der wirkliche Einfluß der Zahl der Zuhörer in gegenwärtigem Falle nicht groß genug, daß es unumgänglich nothwendig wäre, ihn bei der Herstellung dieser Apparate zu berücksichtigen. Ohne Zweifel würde es nicht derselbe Fall bei Versammlungen sehr zahlreicher Personen sein, die durch eine starke Bewegung erhitzt sind.

Digitized by Google

Wenn man annimmt, daß die Luft bei einer mittlern Temperatur von 17° unter einem Drucke von 1,033 Kilogr. pro Quadratdecimet. austritt, so würde ihre Dichtigkeit ungefähr 1,222 Kilogr. pro Kubikmet. betragen.

2268. Das Maximum der in der Stunde ausgeströmten Luft würde mit 12611 Kub.-Met. oder $\frac{12711}{3600} = 3{,}23$ Kub.-Met. in einer Secunde bei der Geschwindigkeit von 2,17 Met. in der Röhre und 3,76 Met. ungefähr in der Esse gefunden. Es geht daraus hervor, daß die mechanische Leistung, welche dem Nutzeffect der Ventilation entspricht, nur 3,134 Kilogr.-Met. beträgt. Dieses Resultat beweist, daß es bei Ventilationen dieser Art unnütz wäre, von der Anwendung durch mechanische Motoren in Bewegung gesetzter Ventilatoren Gebrauch zu machen; nur wenn die abzuleitenden Luftquantitäten viel bedeutender wären, könnte daraus einiger Vortheil entspringen.

2269. Beständigkeit der Temperatur. — In Folge der Wirkung der Luftcirculation und des unten viel bedeutendern Luftzuges als oben wurde die Temperatur des Amphitheaters, sowohl unten als oben, immer fast auf gleicher Höhe gehalten. Die Unterschiede betrugen niemals mehr als 1°,5 bei 20° der höchsten Temperatur.

2270. Reinheit der Luft. — Man hat ebenfalls bemerkt, daß ungeachtet des großen Andrangs des Publikums, das zum großen Theil aus Handwerkern bestand, welche den ganzen Tag in ihren Werkstätten zugebracht, die Luft nicht unrein und nicht mit unangenehmen Gerüchen geschwängert war.

2271. Ausgeströmtes Luftvolum pro Person. — Das Volum abgeführter und folglich ersetzter Luft betrug an den Tagen der größten Versammlungen und bei den zahlreichsten Ventilationen:

Februar	Personen	K.-M.			K.-M.
am 14.	bei 775	11658	pro St. u. folgl. pro Person	. . .	15,10
„ 18.	„ 850	12711	„ „ „	. . .	15,00
„ 27.	„ 800	12550	„ „ „	. . .	15,60
Folglich pro Person und pro Stunde durchschnittlich				. . .	15,23

Bei minder kräftiger Ventilation waren die Luftvolumina folgende:

März	Personen	K.-M.			K.-M.
am 7.	bei 800	7135	pro St. u. folgl. pro Person	. . .	8,9
„ 8.	„ 800	7384	„ „ „	. . .	9,2
„ 12.	„ 860	9556	„ „ „	. . .	11,0
			Durchschnittlich pro Person		10,0

2272. Obgleich die Luft im letztern Falle nicht verdorben war und kein Geruch bemerkt wurde, so glaubt Morin dennoch, daß bei den Ventilationsentwürfen das größte ermittelte Verhältniß, das von 15 bis 16 Kubikmet. pro Stunde und pro Person, als Basis angenommen werden müsse. Man könnte es nach seiner Meinung selbst noch erhöhen, wenn die Luftzüge zahlreicher angelegt würden, damit die Geschwindigkeit der Luftströmung, die durch einen jeden derselben hervorgebracht wird, für das Publikum beinahe unmerklich würde.

Digitized by Google

2273. Diese Bedingung bezieht sich jedoch nur auf Amphitheater oder solche Orte, welche von ganz gesunden und nicht von kranken, besonders verwundeten Personen besetzt sind. Morin hat es durch frühere specielle Versuche nachgewiesen, daß im Hospital Beaujon das in jeder Stunde ausgeströmte Luftquantum zwischen 40 und 60 Kubikmet. pro Kranken und Stunde abwechselte und daß es auch hinreichend war, wenn es nicht zu viele Verwundete gab.

2274. Ausgeleertes Luftquantum pro Quadratmeter der Abzüge. — Da die vorherige Darstellung die gesammten Oberflächen der Abzugsquerschnitte und die durchschnittlichen Geschwindigkeiten angeben, so ist es leicht, danach das pro Quadratmeter Durchschnitt der Röhren enthaltene Luftquantum zu berechnen, was ein sehr wichtiger Gegenstand bei der Herstellung der Ventilation ist. Vereinigt man diese Resultate, so erhält man die folgenden Zahlen:

Datum.	Ausgeströmtes Totalvolum pro Stunde.	Ausgeströmtes Volum pro Quadratmeter Durchschnitt.	Durchschnittliche Geschwindigkeiten	
			in horizontalen Röhren.	in der Esse.
	K.-Met.	K.-Met.	Met.	Met.
18. Februar	12711,116	7700	2,17	2,81
27. „	12550,460	7600	2,12	3,12
1. März	11956,784	7250	2,02	3,54
	Schwache Ausleerung.			
7. März	7133,94	5300	1,47	2,58
8. „	7384,39	5540	1,52	2,67
12. „	9556,39	7100	1,98	3,45

Es muß hinzugefügt werden, daß das angewendete Zugfeuer gewöhnlich nur schwach unterhalten wurde und daß die Heizung der Esse durch das bloße Heizrohr, die der horizontalen Röhren aber durch die mit warmem Wasser gefüllten Röhren und Bouteillen hinreichend erschien.

Es ist zu bedauern, daß die Quantitäten der in der Feuerung verbrannten Kohle nicht besonders gemessen worden sind. Die Gesammtmasse der von der Heizung und Ventilation consumirten Kohlen variirte täglich von 180 bis 228 Kilogr. oder durchschnittlich 200 Kilogr. pro Tag.

2275. Aus dem Vorhergehenden ersieht man, daß die für die Ventilation des öfters 800 bis 900 Zuhörer enthaltenden großen Amphitheaters im Conservatorium der Künste und Gewerbe angenommene Vorrichtung folgende Resultate gegeben hat:

1) Die Temperatur wurde bis auf ein sehr Geringes in allen Theilen des Amphitheaters gleich erhalten.

2) In keinem Falle erschien die Luft darin als eine verdorbene und mit bösen Gerüchen angefüllte.

3) Das pro Stunde und pro Person ausgeströmte Luftquantum erhob sich bis auf 15,23 Kubikmeter im Falle der größten Ausleerungen und auf 10 Kubikmeter bei den schwächsten Ausleerungen.

Digitized by Google

Diese Resultate, welche den gesunden Aufenthalt im Amphitheater, trotz der Anwesenheit einer so großen Anzahl von Zuhörern und des Brennens von 48 Carcell'schen Lampen, sichern, beweisen es also, daß der Apparat des Hrn. Leon Duvoir den Bedingungen einer guten Heizung und einer reichlichen Ventilation entspricht.

Sitzungssaal des Institutes.

2276. Der Sitzungssaal des Institutes wird nach dem Verfahren des Herrn Duvoir-Leblanc geheizt und ventilirt. Die Heizung wird durch mit Wasser angefüllte Oefen bewirkt, durch welche ein sich erhitzender Luftstrom circulirt. Diese in den vier Ecken des Saales angebrachten Apparate können entweder für sich oder zusammen wirken, je nach der Temperatur der äußern Luft, indem zwischen jedem Ofen und dem gemeinschaftlichen Generator die Verbindung durch Hähne hergestellt oder abgeschlossen werden kann.

Die Ventilation wird durch zwei große Leitungen hervorgebracht, von denen die eine mit einer Reihe von Gittern vor den Füßen der Mitglieder des Institutes, die andere mit sehr vielen Löchern in den Stufen längs der langen Seiten des Saales in Verbindung steht. Die erste von diesen Röhren geht bis zum Erdgeschoß herab, um alsdann in eine Esse emporzusteigen, in welcher sich ein 12 Met. hoher Warmwasserbehälter befindet, welcher das Ansaugen veranlaßt. Die zweite Röhre geht nur bis zum Erdgeschoß und steigt alsdann in dieselbe Esse aufwärts. Eine dritte Leitung, die zur Ventilation im Sommer dient, geht von dem obern Theil des Saales in dieselbe Esse.

2277. Die allgemeine Einrichtung der Apparate scheint nicht besonders glücklich zu sein. Zur Lüftung eines Raumes, in welchem viele Personen versammelt sind, ist es zweckmäßig, die Ventilirungsluft durch viele kleine an der Bodenoberfläche gleichförmig vertheilte Oeffnungen einströmen und sie durch den obern Theil ausströmen zu lassen. In diesem Falle athmet jede Person reine Luft ein, während, wenn die Ventilirungsluft durch Oeffnungen ausströmt, die in der Nähe des Bodens angebracht sind, sie nur Luft einathmen, welche durch die Respiration bereits verdorben ist. Endlich ist auch die Hervorbringung des Zuges in der Saugesse durch eine 12 Met. hohe Warmluftröhre eine in ökonomischer Beziehung wenig vortheilhafte Einrichtung.

2278. Zur Erfrischung der Luft im Sommer ist in dem Sitzungssaale des Institutes ein Apparat angebracht, der auf die Abdampfung des Wassers begründet ist, und eine seit längerer Zeit bekannte Einrichtung des Herrn Duvoir läßt Luft in senkrechte eiserne Röhren einfallen, die am obern Theile mit kleinen Oeffnungen versehen sind, durch welche Wasser fließt, welches die inneren Oberflächen der Röhren bedeckt. Die in §. 1965 angegebene Einrichtung ist weit zweckmäßiger; es würde hinreichen, den Ventilator wegzulassen, durch eine Röhre kalte Luft in das Zimmer zu führen und dessen obern Theil mit der Saugesse in Verbindung zu bringen. Diese letztere Bedingung ist unerläßlich, denn wenn sich die Ausströmungsöffnungen am untern Theil befänden, so würde die angesaugte Luft ausströmen, ohne im Zimmer circulirt und folglich ohne es gelüftet zu haben. Auch ist das im Saale des Institutes zur Erfrischung der Luft angewendete Mittel insofern unzweckmäßig, als zu feuchte Luft zur Ventilirung nicht tauglich ist.

Digitized by Google

Ein Mittel, wovon weiter unten die Rede sein wird und welches darin besteht, die einzuführende Luft aus höheren Punkten der Atmosphäre zu entnehmen, wo sie frischer und zu gleicher Zeit reiner ist, scheint wesentliche Vorzüge zu haben.

Der Justizpalast zu Paris.

2279. Auch dieses Gebäude ist neuerlich von Duvoir-Leblanc mit Heizung und Ventilirung versehen, jedoch fehlt es an genauen Nachrichten darüber. Man beklagt sich nur über die von den Warmwasseröfen mitgetheilte, stets gleiche und sich nur wenig verändernde Temperatur, die entweder zu niedrig oder zu hoch ist. Auch auf die Gefahr dieser Apparate, besonders in Gebäuden, in denen sich viele Menschen zusammenfinden, muß der Verfasser nochmals verweisen.

Der Palast der Cortes zu Madrid.

2280. Die Heizung und Ventilirung dieses der Pariser Deputirtenkammer ähnlichen Gebäudes ist von Herrn René Duvoir ausgeführt. Nach einer dem Verfasser von dem Constructeur mitgetheilten Zeichnung werden der Versammlungssaal, die ihn umgebende Gallerie und die benachbarten Säle mittelst eines warmen Luftstromes erwärmt, der in die Canäle vertheilt ist, die sich unter den Sitzen befinden. Die Oeffnungen sind in dem Boden der Stufen angebracht. Die Luft entweicht aus dem Saal durch Oeffnungen in den Decken der Logen und gelangt in vier weite Essen über denselben; in diesen Essen befinden sich Röhren, durch welche verbrannte Luft strömt, sowie auch besondere Roste; die Essen sind oben verschlossen, dagegen aber an den Seiten mit Oeffnungen versehen. Es ist zu fürchten, daß bei dieser Einrichtung die warme Luft unter dem Boden nicht recht gleichförmig vertheilt sei, wenigstens wenn nicht besondere Vorsichtsmaßregeln getroffen sind, welche der Verfasser jedoch nicht kennt; auch muß der Schmutz und der Staub von dem mit den Luftöffnungen versehenen Boden mit in die Höhe geführt werden und in dem Saale eine staubige Atmosphäre veranlassen. Der Heizapparat in den Essen, der nur aus einem Ofen und einer Rauchröhre besteht, muß nothwendig einen Wärmeverlust veranlassen.

Theater.

2281. Die Theater der Römer waren nicht bedeckt oder es waren nur leichte Leinwanddecken darüber ausgespannt; die Vorstellungen fanden nur am Tage statt. Diese Verhältnisse machten den Aufenthalt in denselben gesund, weit mehr als in unseren verschlossenen Theatern, wenn sie nicht zweckmäßig ventilirt werden. Dennoch veranlaßte das Beisammensein sehr vieler Zuschauer oft sehr hohe Temperaturgrade, die man durch häufiges Besprengen mit in Regenform eingebrachtem, zuweilen selbst wohlriechendem Wasser zu vermindern suchte.

2282. In unseren geschlossenen Theatern erfordert die durch die Zuschauer, durch die Beleuchtungsapparate und durch die Veränderung der Luft in Folge der Respiration und der Transpiration hervorgebrachte Wärme

Digitized by Google

eine ſtarke Ventilirung. Die Heizung des Saales wird durch Luftwärmöfen von verſchiedenen Syſtemen bewirkt, während die Ventilirung durch die Oeffnung über dem Kronleuchter veranlaßt wird; dieſe Oeffnung, durch die eine bedeutende Wärmemenge ſtrömt, erzeugt eine ſtarke Anſaugung, die auch ſtets eine hinreichende Lüftung herbeiführt, ſobald das Einſtrömen und die Bewegung der friſchen Luft in dem Saal zweckmäßig eingerichtet iſt.

2283. Der bekannte Pariſer Techniker Darcet wurde von der Regierung beauftragt, die bedeutenderen Pariſer Schauſpielhäuſer in Beziehung auf ihre Lüftung zu unterſuchen; er hat dieſe ſeine Arbeit bekannt gemacht, und entwirft in derſelben eine Normaleinrichtung zur Heizung und Ventilirung der Theater, welche die folgende iſt.

2284. Die angewendete Heizmethode iſt die Dampfheizung; der Keſſel iſt ſoviel möglich in einem benachbarten Gebäude angebracht, um die dadurch mögliche Feuersgefahr zu vermeiden. Ein Dampfofen befindet ſich unter dem Parterre, und die warme Luft gelangt durch Spalten in den oberen Seiten der Bänke in den Raum. Andere Oefen ſind in den Flurräumen und in den Gängen hinter den verſchiedenen Logenreihen angebracht. Die Oefen in den Gängen hinter den Logen beſtehen aus einer Platte am Boden und aus Dampfbehältern; dieſe letzteren erwärmen entweder direct die äußere Luft, oder diejenige, welche bereits durch den Heizraum des Ofens unter dem Parterre geſtrömt iſt. Die Zimmer der Schauſpieler und das Theater enthalten ebenfalls Dampföfen. Die ſogenannten Foyers werden durch Kamine und zu gleicher Zeit durch warme Luftſtröme erwärmt, die von den Oefen auf den Gängen herrühren.

2285. Die äußere, vorher erwärmte Luft gelangt durch die Oeffnungen in den Bänken des Parterres und durch Röhren zwiſchen der Decke einer jeden Logenreihe und dem Boden der nächſt unteren in den Saal; die Luft aus den Gängen ſtrömt nach Belieben in die Logen A, Fig. 579, und zwar durch Oeffnungen mit Regiſtern, die man mehr oder weniger verſchließen kann. Ueber dem Kronleuchter befindet ſich eine Lüftungseſſe C, die mit Regiſtern und oben an den Seiten mit Jalouſien verſehen iſt. Eine ähnliche Eſſe C′ iſt über dem Theater angebracht. Dieſe letztere dient bei Vorſtellungen, wobei Pulver verbrannt wird, zur Hervorbringung eines hinlänglichen Anſaugens, um die Verbreitung des Rauches in dem Saal zu verhindern. Da das Anſaugen des Kronleuchters für die oberſte Logenreihe weniger wirkſam iſt, ſo ſteht die Decke dieſer Logen direct durch eine Anzahl von Röhren T mit der Eſſe des Kronleuchters in Verbindung.

2286. Außer der Heizung und der Ventilirung des Saales und der Logen beſteht eine weſentliche Bedingung bei der Lüftung der Logen darin, die Abtritte ſehr kräftig zu ventiliren; denn da die Lüftungseſſe über dem Kronleuchter eine ſehr bedeutende Kraft hat, ſo könnte dadurch der üble Geruch der Abtritte in den Saal kommen, und es muß daher die ſpecielle Lüftung dieſer Orte ſtärker ſein als die über dem Saal. Man gelangt durch kleine Herde in der beſondern Abtrittseſſe, ſowie auch durch andere Vorſichtsmaßregeln zu dieſem Zweck.

2287. In Beziehung auf die Heizung iſt das erwähnte Syſtem ein ſehr zweckmäßiges, während dies aber in Beziehung auf die Ventilirung durchaus nicht der Fall iſt. Das Anſaugen der Eſſe über dem Kronleuchter

Digitized by Google

veranlaßt durch die Spalten in den Logenthüren unbequeme und selbst nachtheilige Strömungen, da die Temperatur in den Gängen hinter den Logen niedrig gegen die in dem Saale ist. Andererseits sind die Warmluftströme aus den Ventilirungsöffnungen im Parterre und in den Logen im Allgemeinen unangenehm, so daß die Zuschauer oft auf Verschluß derselben dringen. Es folgt daraus, daß die Ventilirung des Saales nur sehr gering ist, und daß fast alle von dem Kronleuchter angesaugte Luft von dem Theater herkommt.

2288. Nach den dem Verfasser von mehreren pariser Theatern gemachten Mittheilungen beträgt die Temperatur an der Kronleuchteröffnung 26 bis 35°; die Ausströmungsgeschwindigkeit etwa 60 Met.; die freie Oberfläche fast 1 Quadratmet., welches 21600 Kubikmet. in der Stunde macht. Da sich nun die Anzahl der Zuschauer in diesen Theatern durchschnittlich auf 1200 belief, so beträgt dies auf die Person und die Stunde 18 Kubikmet., wenn man eine gleichförmige Vertheilung dieser Ventilirung voraussetzt. Es läßt sich aber nach dem Gesagten als gewiß annehmen, daß diese gute Vertheilung nicht existirt und daß sie in einem Theater, welches durch Ansaugen ventilirt wird, kaum existiren kann.

Allgemeine Betrachtungen über die Heizung größerer Gesellschaftssäle, der Paläste, großer Amphitheater, Theater u. s. w.

2289. Die Gesellschaftsräume haben nach ihren verschiedenen Bestimmungen sehr verschiedenartige Formen und Einrichtungen; in Beziehung auf Heizung und Ventilirung können sie aber folgendermaßen eingetheilt werden:

1) In große Säle, wie die Sitzungssäle der Kammern und die großen Amphitheater; 2) Gallerien, wohin Räume zur Aufstellung von Bibliotheken, zum Aufhängen von Gemälden u. s. w. gehören, und 3) Theater.

2290. Amphitheater. — In großen Theatern findet man oft, daß die Heizung und Ventilirung dadurch bewirkt wird, daß man die warme Luft durch Oeffnungen einströmen läßt, die sich in dem horizontalen Theile unter den Logenreihen befinden, oder auch durch Röhren, welche in diesen Theil des Saales in verschiedenen Höhen und verschiedenen Richtungen auslaufen. Die verdorbene Luft geht durch eine große Anzahl von Oeffnungen in den vorderen Logenwänden und Parterresitzen abwärts und gelangt durch Röhren in eine Lüftungsesse. Diese in dem Conservatorium der Künste und Handwerke befindliche Einrichtung hat sehr wesentliche Nachtheile. Wir wollen annehmen, daß der Saal leer sei; die herbeiströmende warme Luft hat zuvörderst das Bestreben, sich bis zur Decke zu erheben, wo sie sich ausdehnt und nach und nach in horizontalen, im Wesentlichen isothermen Schichten bis zu den Ausströmungsöffnungen gelangt, während sie sich jedoch mehr und mehr abkühlt, indem die aufgegebene Wärme durch die Transmissionsoberflächen absorbirt wird. Es folgt daraus, daß die Luft eine von unten nach oben zunehmende Temperatur habe, und daß, wenn das Amphitheater stark ansteigt, ein sehr wesentlicher Temperaturunterschied zwischen den untersten und den obersten Bänken stattfindet, wie dies in allen Sälen, die sich stufenweise erheben, ohne alle Ausnahme erkannt worden ist.

Digitized by Google

Wir wollen nun weiter annehmen, daß ein solcher Saal mit Personen besetzt sei; es wird alsdann die von den Individuen producirte Wärme und die ausgeathmete verdorbene Luft die oberen Luftschichten in dem Raume offenbar erwärmen und verschlechtern müssen. Man kann daraus folgern, daß die von den im Amphitheater befindlichen Personen hervorgebrachte Wirkung in einer Vermehrung der Temperaturerhöhung von oben nach unten und in einer Verschlechterung der oberen Luftschichten bestehen wird. Es ist daher diese Ventilirung nur dann anwendbar, wenn das Amphitheater nur wenig ansteigt und nur von wenigen Personen eingenommen wird.

2291. Die beste Einrichtung besteht darin, die Luft unter das Amphitheater zu führen, sie möglichst gleichförmig durch eine große Menge von Oeffnungen strömen zu lassen, um sie im obern Theil des Saales zu sammeln und einer Lüftungsesse, die über das Dach hinausgeht, zuzuführen, oder besser noch dadurch abzuleiten, daß man sie durch eine außerhalb angebrachte Röhre bis zum Boden der innern Saugesse führt. Einrichtungen der Art, wie wir sie weiter oben im frühern Unterhause zu London und in der alten Deputirtenkammer zu Paris beschrieben, haben keinen von den hier angegebenen Nachtheilen, indem Jedermann reine Luft von gleicher Temperatur einathmete. Wir wollen nach und nach die verschiedenen Theile dieser Heiz- und Ventilirungsmethode untersuchen.

2292. Die Erwärmung der Luft kann durch die Oefen bewirkt werden, von denen wir weiter oben (1605 u. ff.) geredet haben. Jedes System hat seine eigenthümlichen Vortheile und Nachtheile, und nach dem Gesagten wird man sehr bald dahin gelangen, das Zweckmäßigste unter den bestehenden Verhältnissen zu erkennen. Würde der Saal nur dann und wann oder nur wenige Stunden täglich benutzt, so würden Oefen, in denen sich die Luft direct erwärmt, die vortheilhaftesten sein, um so mehr, da ihre Anlagekosten weit geringer sind, als die der übrigen, in denen stets zwei Systeme der Heizoberfläche vorhanden sind. Da aber die erwärmte Luft unter hölzernen Stufen und Sitzen ausströmen muß, so darf die Temperatur der Luft niemals eine gewisse Höhe übersteigen. Zu dem Ende würde es möglich sein, ein Register anzubringen, welches die äußere Luft in den Canal strömen läßt, der die warme Luft von dem Ofen abführt; ersteres müßte dann jedesmal geöffnet werden, wenn diese Luft die angegebene Grenze übersteigen würde.

2293. Die Gleichförmigkeit der Vertheilung der Luft unter dem Amphitheater hat einige Schwierigkeiten; zuvörderst müßte man gänzlich auf die Vertheilungsmethode verzichten, die in dem alten Unterhause angewendet wurde, und die aus einer großen Menge kleiner Oeffnungen in dem Boden bestand. Die Vermischung der aus diesen Oeffnungen hervorgekommenen Strahlen könnte nur in einer zu großen Höhe stattfinden; außerdem könnte der Schmuz und Staub, welcher von den Füßen in den Raum gebracht worden ist, die Oeffnungen verstopfen, wodurch die Luft nothwendig mit Staub vermischt werden würde, der große Nachtheile für den Athmungsproceß hat. Ein großer Haarteppich würde den Vortheil haben, die Luftstrahlen besser zu vertheilen, dagegen aber den Nachtheil, daß die Luft weit mehr Staub und Unreinigkeit suspendirt enthalten müßte. Das beste Verfahren bei der Luftvertheilung in dem Saal besteht darin, die Oeffnungen an den senkrechten Theilen der Bänke anzubringen; da die Summe der Oberflächen dieser Oeffnungen im Verhältniß zu dem Querschnitt der Lüf-

Digitized by Google

tungsesse sehr groß ist, so würde die Geschwindigkeit der Luftstrahlen sehr klein sein. Da diese Strahlen eine horizontale Richtung haben, so würden sie durch das Zusammentreffen mit Oberflächen, die an ihrem Durchgange vorkommen, sich leichter vermischen, ohne die angegebenen Nachtheile zu haben; dies ist durch die Erfahrung in der alten Deputirtenkammer bestätigt worden. Es ist aber außerdem auch erforderlich, daß die Luft gleichförmig unter den Stufen und Bänken vertheilt werde, und wird es zu dem Ende hinreichend sein, wenn die erwärmte Luft durch eine gewisse Anzahl senkrechter Röhren dahin gelangt, von denen eine jede mit einer Kappe versehen ist, welche die Luftstrahlen von oben nach unten richtet.

2294. Was nun die Ausströmungsöffnungen der Luft betrifft, so werden die Ausströmungsgeschwindigkeiten verschieden sein, je nachdem die Decke des Saales gewölbt und mit einer Glaskugel versehen, oder auch horizontal ist. Im ersten Falle würde der Cylinder, auf welchem die Kugel ruht, seitwärts mit einer großen Oeffnung verbunden sein, die mit einer weiten Röhre von Eisen- oder Zinkblech im Zusammenhange steht, durch welche außerhalb des Gebäudes, so viel als thunlich, an einer an der Nordseite befindlichen Wand, die Luft bis auf den Boden und dann durch einen horizontalen Canal einer Saugesse zugeführt wird. Ist die Decke des Raumes horizontal, so muß man eine doppelte Decke anbringen, die untere mit vielen Oeffnungen versehen und den Raum zwischen beiden mit der horizontalen Röhre verbinden, welche durch eine senkrechte und unten horizontale mit der Esse in Verbindung steht. Die abwärts gehende Röhre muß aus Metallblech bestehen, damit sich die Luft so viel als möglich abkühlt, denn wenn sie die äußere Temperatur erhielte, so würde der Niedergang der Luft keinen andern Verlust, als den durch die Reibung und die Richtungsveränderung veranlaßten, hervorbringen.

2295. Die Saug- oder Lüftungsesse besteht aus Ziegelsteinen; der Herd müßte seitwärts angebracht werden oder aus einem beweglichen Rost bestehen, der die Form eines Korbes hat, welcher in der Mitte der Esse aufgehängt und zur Seite gezogen wird, wenn man ihn mit Brennmaterial versehen will. Der die Luft in die Esse führende Canal müßte mit einem drehbaren Register versehen sein, um anfeuern zu können, indem man die Luft aus dem Raume in einer am Boden angebrachten Oeffnung zu dem Ofen zurückgehen lassen kann.

2296. Es ist bemerkt, daß man eine sehr gleichförmige Vertheilung der Luft unter dem Amphitheater erlangen könnte, wenn man die warme Luft in dasselbe durch eine gewisse Anzahl senkrechter Röhren einführte, die eine zweckmäßige Stellung haben und mit einer Kappe bedeckt sind, um die Luftstrahlen senkrecht von oben nach unten ausströmen zu lassen. Will man aber eine noch gleichartigere Vertheilung haben, so könnte man die in den Figg. 580 und 581 angegebene Einrichtung benutzen; die erstere bezieht sich auf ein länglich viereckiges und die letztere auf ein halbkreisförmiges Amphitheater. Bei der erstern Vorrichtung gelangt die warme Luft durch eine länglich-viereckige horizontale dreitheilige Leitung herbei, geht alsdann durch sechs Oeffnungen in eine zweite, zur Seite der ersten liegende Leitung und aus dieser in fünf Arme von abnehmendem Querschnitt, welche sich in horizontaler Richtung bis zu dem entgegengesetzten Ende des Saales verlängern. Auf jedem Arme sind senkrechte, mit einer Kappe versehene Röhren angebracht; die Summe der Oberfläche dieser Röhren ist gleich dem Quer-

Digitized by Google

ſchnitt der großen Leitung an ihrem Anfange, und der Querſchnitt eines jeden Armes iſt gleich der Summe der Querſchnitte der folgenden ſenkrechten Röhren. Ein Blick auf die Figur zeigt, daß der Zweck des Apparates darin beſteht, die Strahlen der angeſaugten Luft derart zu vermiſchen, daß in die Ausgangsöffnungen Ströme unter weſentlich gleichen Bedingungen eingeführt werden.

Der in 581 dargeſtellte Apparat iſt für ein halbkreisförmiges Amphitheater beſtimmt und beruht auf denſelben Grundſätzen. Die nach den Kreishalbmeſſern gerichteten Ausſtrömungscanäle haben gleichen Querſchnitt, allein die darauf befindlichen ſenkrechten Röhren haben im Verhältniß zu ihren Entfernungen vom Mittelpunkte proportionale Querdurchſchnitte. Dieſelben Einrichtungen könnten auch zur Aufnahme von Luft über dem Amphitheater zwiſchen den beiden Decken angewendet werden; allein es muß wiederholt werden, daß die weiter oben angegebenen weit einfacheren Vorrichtungen ebenfalls in allen Fällen hinreichend ſind.

2297. Der horizontale Canal, welcher die Luft in die abwärts gehende Röhre führt, damit ſie unten in ein Saugeſſe gelangt, muß eben eine ſehr weite Oeffnung haben, die den Querſchnitt der Röhre hat und mit Waſſer- oder Sandverſchluß verſehen iſt, um die Luft, welche den Saal durchſtrömt hat, direct abziehen zu laſſen, wenn die aufſteigende Kraft hinreichend iſt, welches dann der Fall, wenn die äußere Luft eine im Verhältniß zu der innern hinreichende Temperatur hat.

2298. Man könnte auch eine Eſſe mit Herd auf dem Boden des Gebäudes anbringen, allein es iſt dies eine zu gefährliche Einrichtung; auch würde die Beſorgung dieſes Feuers einen beſondern Heizer erfordern, während bei der angegebenen Einrichtung der den Wärmeluftofen beſorgende Heizer auch den Herd in der Lüftungseſſe beaufſichtigen kann. Bei einem Dampf- oder Warmwaſſerofen würde jedoch der hier angegebene Nachtheil nicht vorkommen, weil man in der Eſſe im Dache Gefäße anbringen könnte, die nach Belieben mit Dampf oder warmem Waſſer gefüllt wären und die Luft vor ihrem Austritt erwärmten; es würden aber dadurch die Brennmaterialkoſten verdoppelt werden.

2299. In allen Fällen ſind die Koſten für Brennmaterial weit höher, als wenn die Luft bis zum Boden niederſtrömt, um ſich alsdann in einer Eſſe zu erheben, da die von dem Dache des Gebäudes ausgehenden Eſſen nur eine geringe Höhe haben können, und da bei den angegebenen Einrichtungen die Luft im Weſentlichen die äußere Temperatur annimmt und der in dem Saale entſtandene Zug zu dem einer hohen Eſſe kommen muß, wie es bei einer von dem Dache ausgehenden Eſſe der Fall iſt. Nun findet zwar ein gewiſſer Verluſt an dem Drucke ſtatt, der von der Reibung in der abwärts gehenden Röhre und in der Eſſe herrührt, allein es wird derſelbe mehr als erforderlich durch die bedeutendere Höhe der Eſſe ausgeglichen. Vergleicht man eine vom Dache ausgehende, 5 Meter hohe Eſſe von 1,60 Met. Durchmeſſer, mit einer vom Erdboden ausgehenden von gleichem Durchſchnitt und von 15 Met. Höhe und nimmt in beiden Fällen drei Richtungsveränderungen von der Decke aus und eine Temperaturzunahme von 30° an, ſo findet man, daß der Zug der Dacheſſe im Weſentlichen proportional iſt:

Digitized by Google

$$\frac{5 \times 30}{\left(\frac{1 + 0{,}024 \times 5}{1{,}60 + 3}\right)} = 36{,}80$$

und daß die der großen Esse proportional ist

$$\frac{15 \times 30}{\left(\frac{1 + 0{,}024 \times 15}{1{,}60 + 3}\right)} = 106{,}51.$$

2300. Man könnte auch die Bewegung der Luft im Amphitheater mittelst eines Ventilators hervorbringen, der entweder vor dem Luftwärmofen oder im Dach oder am Boden, da, wo die niedergehende Röhre ausmündet, anzubringen wäre. Die zweckmäßigste Stellung würde aber die vor dem Ofen sein, und man müßte alsdann den Ventilator blasend wirken lassen.

2301. Als besonderes Beispiel wollen wir hier ein Amphitheater annehmen, welches 1000 Personen aufzunehmen vermag; wenn die Ventilirung 15 Kubikmet. auf die Person und in der Stunde beträgt, so muß das ganze Luftvolum, welches man durch den Saal strömen lassen muß, in der Stunde 15000 Kubikmet. und in der Secunde 4,16 Kubikmet. betragen. Nimmt man eine 15 Met. hohe Esse, eine vollständige Abkühlung in der niedergehenden Röhre und eine Temperaturzunahme der Luft in der Esse zu 30 Grad an, so würde die Ausströmungsgeschwindigkeit der Luft, wenn man alle Widerstände unberücksichtigt läßt, gleich 5,67 Met. sein. Nimmt man nun ferner an, daß die Widerstände diese Geschwindigkeit auf ein Drittel vermindern, so würde sie noch 1,88 sein; allein die aufwärts steigende Kraft der Luft in dem Amphitheater würde die Widerstände wesentlich vermindern, und man kann daher, ohne irgend einen bedeutenden Fehler zu begehen, die Geschwindigkeit zu zwei Met. annehmen. Der geringste Querschnitt der Esse müßte alsdann 12,08 Quadratmet. und ihr Durchmesser 1,60 Met. sein. Derselbe Querschnitt müßte wenigstens dem Strom ertheilt werden, der durch die Oefen und den Kanal geht, welcher die verdorbene Luft in die Esse führt; allein bei der ganzen äußern Circulation müßte man der Luft eine Geschwindigkeit unter 1 Meter geben. Nimmt man an, daß die Luft auf 30 Grad erwärmt worden sei, so wäre der Verbrauch in der Stunde für die Ventilirung $15000 \times 1{,}3$ Kilogr. $\times 0{,}24 = 140400$ Kubikmet., welche 17,55 Kilogr. Steinkohlen entsprechen. Was nun den Verbrauch der Luftheizung bei ihrem Eintritt in den Saal betrifft, so muß sie mit der äußern Temperatur verschieden sein; nimmt man 6 Grad für die mittlere Temperatur der Heizmomente und 15° für die des Saales an, so würde der mittlere Ueberschuß 9 Grad und der durchschnittliche Brennmaterialverbrauch gleich $\frac{17{,}55 \times 9}{15} = 10{,}53$ Kilogr. sein. Bei den stärksten Frösten müßte er mehr als verdoppelt werden, allein alsdann könnte die Ventilirung direct durch die Oeffnung bewirkt werden, die am obern Ende der niedergehenden Röhre angebracht ist.

2302. Wenn man die Dimensionen der verschiedenen Theile des Apparates kennt, so könnte man mit hinreichender Annäherung die Summe

Digitized by Google

der Widerstände berechnen, welche die Luft bei ihrer Circulation erleiden, und folglich auch den Ueberschuß der Temperatur, den die Luft in der Esse erhalten müßte. Die größten Widerstände kommen von den plötzlichen Richtungs- und Querschnittsveränderungen; die Reibungen können fast gänzlich unberücksichtigt bleiben; in Unsicherheit könnte man nur wegen der Temperatur, wenn dieselbe in die Saugesse kommt, bleiben; sie kann aber nur wenig verschieden von der äußern Temperatur sein, wenn die Lüftungsesse von dem Boden ausgeht und die niedergehende Röhre aus Metall besteht.

2303. Wir wollen uns jetzt mit der Art und Weise der Regulirung der Ventilirung beschäftigen. Wir müssen bemerken, daß während des Sommers, bei einer Ventilirung von 15 Kubikmet. Luft, die 42 Wärmeeinheiten, welche im Durchschnitt von der Person und in der Stunde hervorgebracht werden (2020), die Temperatur der 15 Kubikmet. Luft auf 9,18° erwärmen werden. Nimmt man daher an, daß das Amphitheater stets von einer gleichen Menschenmenge besetzt sei, so würde es zur Erreichung einer constanten Ventilirung hinreichend sein, auf dem Herde stets dieselbe Brennmaterialmenge zu verbrauchen, welches man dadurch erlangen könnte, daß man die Oeffnung durch Einströmen der Luft in den Herd zweckmäßig regulirte; es würde dies entweder nach den Angaben eines Differenzialthermometers, der in der Esse angebracht sein müßte (563), oder mittelst eines Manometers geschehen können, welcher den Seitendruck am untern Theil der Esse angeben würde. Im Winter, wenn das von der warmen Luft, die den Saal ausfüllt, herrührende Ansaugen veränderlich ist, muß man sich nothwendig eines Apparates bedienen, welcher die Ausströmungsgeschwindigkeit direct angiebt, d. h. des (421) beschriebenen Apparates, oder des Manometers, der die in (520) angegebene Einrichtung hat. Diese Instrumente würden den Vortheil haben, daß man sich ihrer in allen Jahreszeiten bedienen könnte, und aus ihren Angaben würde man leicht erkennen, wann es erforderlich ist, das Register am obern Theile der abwärts gehenden Röhre zu öffnen, und wann man den Rost der Lüftungsesse feuern muß.

2304. Es ist von Wichtigkeit, zu bemerken, daß im Sommer, wenn man nur eine Ventilirung von 10 Kubikmet. auf die Person und auf die Stunde annimmt, die durch den Athmungsproceß entwickelte Wärme die angesaugte Luft in dem Raume auf $\frac{9,18^0 \times 3}{2} = 13,77^0$, d. h. fast auf 14° erhöhen würde, und daß, wenn man die Höhe des Saales zu 10 Met. rechnet, die Ansaugegeschwindigkeit durch diese Temperaturzunahme, die Reibungen unberücksichtigt gelassen, fast 1 Met. sein würde, und der Querschnitt der Einströmungs- und Ausströmungsöffnungen etwa 0,0027 Quadratmet. auf die Person betragen müßte. Unter der Annahme einer Besetzung des Theatersaales mit 1000 Personen würden diese Querschnitte 2,7 Quadratmet. betragen; nimmt man nun ferner an, daß die Geschwindigkeit durch Widerstände aller Art auf 0,5 reducirt worden wäre, so würde die natürliche Ventilirung wegen Temperaturzunahme der Luft durch das Athmen wenig vermindert sein. Bezeichnet man mit v die Geschwindigkeit und mit v' die neue Geschwindigkeit in dem vorliegenden Falle, so würde man haben:

$$\frac{v'}{v} = 0,5\sqrt{\frac{t'}{t}};\ \text{daher}\ \frac{v'}{v} = 0,5\sqrt{\frac{v}{v'}};\ \text{oder}\ v' = v\sqrt[4]{0,25} = 0,70.$$

Digitized by Google

Nimmt man im Winter die einströmende Luft zu 15° an und läßt man die durch die Fenster und Mauern verlorene Wärme unberücksichtigt, da sie im Verhältniß zu der von der Respiration entwickelten Wärme bei gefülltem Saale stets sehr gering ist: so würde die Temperatur der Luft über dem eingenommenen Raum sicher 35° betragen, und folglich die natürliche Ventilirung die des Sommers übersteigen.

2305. Alles dies setzt aber voraus, daß der Saal gefüllt sei. Wäre dies nicht der Fall, so würde, wenn die Einströmungs- und Ausströmungsöffnungen an dem obern Theil geöffnet wären, die Aufsteigungsgeschwindigkeit der Luft im Sommer vermindert sein, allein die Ventilirung würde noch hinreichen, indem sich rings um die anwesenden Personen eine Bewegung zeigen würde, und zwar um so leichter, je weiter die Leute aus einander sitzen und stehen. Im Winter würden die Erscheinungen noch weit verwickelter sein, weil die Temperatur der warmen Luft beim Ausströmen aus dem Ofen zu gleicher Zeit von dem Brennmaterial und von der Ventilirung abhängt, da die Temperatur des Raumes nach der Temperatur und dem Volum der einströmenden warmen Luft und nach der Anzahl der darin vorhandenen Leute verschieden ist.

Es muß hinzugefügt werden, daß die natürliche Ventilirung es nothwendig erfordern würde, daß die Einströmungsöffnungen der Luft in das Amphitheater von oben nach unten einen verminderten Querschnitt erhielten; dies rührt daher, weil das Ansaugen von der zunehmenden Temperatur, welche die Respiration veranlaßt, von unten nach oben in Folge der Höhenverminderung der erwärmten Luftsäule zunimmt. Diese Querschnittsveränderungen würden nicht absolut nöthig sein, wenn das Ansaugen von einer großen Esse herrührt, die von dem Boden ausgeht, weil alsdann die Ungleichheiten der Ventilirung an den verschiedenen Theilen des Bodens mit gleichen Einströmungsöffnungen sehr gering wären.

2306. Ebenso ist es in Beziehung auf die gesammte Ventilirung und die Gleichförmigkeit der allgemeinen Ventilirung und Vertheilung sehr vortheilhaft, dieselbe durch eine Saugesse hervorzubringen, selbst wenn die Ventilirung momentan hinreichend sein könnte, und sie so einzurichten, als wenn der Saal stets gefüllt wäre. Der Heizer müßte stets das Anemometer und ein im Saale angebrachtes Thermometer in Rath nehmen und sein Feuer so führen, daß die Angaben constant bleiben; zu dieser Regulirung benutzt er das Register an der Röhre, durch welche die Luft zu dem Herde der Saugesse strömt, und das Register von der Röhre, wodurch die verbrannte Luft aus dem Ofen zieht.

2307. In den Sälen, die von vielen aufrecht stehenden Personen gefüllt sind, wie dies z. B. in den Gerichtssälen der Fall ist, müßte die Art der Ventilirung dieselbe sein; die Luft müßte die Säle von unten nach oben durchströmen, nur könnte man hier, mit Ausnahme des Theiles in dem Saale, der nicht von dem Publikum eingenommen ist, nicht länger den Nachtheil vermeiden, der von dem Zutritt der Luft mittelst der unter dem Boden angebrachten Oefen herrührt; glücklicher Weise ist dieser Nachtheil aber minder bedeutend, als in den Amphitheatern. Die Luft könnte aus einer großen Anzahl mit Gittern verschlossener Oeffnungen und in den reservirten Theil des Saales durch Oeffnungen eintreten, die in dem Boden und im vordern Theile der Bänke angebracht sind. Die verdorbene Luft

Digitized by Google

würde durch die Decke zu der Saugesse gelangen, wie dies bei der Ventilirung der Theater der Fall ist.

2308. Große Gallerien. — Hierher gehören, wie schon bemerkt, die Börsen, die großen Wartezimmer auf den Bahnhöfen, die Museen u. s. w. In den meisten dieser Säle wird die Ventilirung durch die sich häufig öffnenden Thüren bewirkt, und man braucht sich nur mit der Heizung zu beschäftigen. Die beste Heizeinrichtung, die man anwenden könnte, besteht in einer solchen mittelst massiver gußeiserner Platten am Boden oder warmer Luftströme, die aus einigen durchbrochenen Platten, welche in dem Fußboden befestigt sind, hervortreten; ebenso können auch an verschiedenen Sockeln Oeffnungen angebracht sein, wie dies z. B. in der pariser Börse der Fall ist. Haben die Räume eine große Ausdehnung, so ist die Heizung durch Dämpfe die vortheilhafteste; in minder ausgedehnten Räumen ist die Heizung durch Warmluftöfen zweckmäßiger, und in kleineren Räumen könnte man die Warmluftöfen in den Sälen selbst anbringen, wie dies weiter oben bemerkt worden ist. Soll die Heizung eine ununterbrochene sein, so wird warmes Wasser das beste Mittel bilden, wobei jedoch zu beachten ist, daß die in Circulation befindliche Wassermenge so gering als möglich ist, um die Heizung mit der äußern Temperatur so schnell als möglich verändern zu können.

2309. Auf mehreren pariser Bahnhöfen hat man Heizapparate mit Warmwasser vorgerichtet, die aus zwei weiten Röhren bestehen; dieselben sind in einem Canal im Boden angebracht und mit einer massiven oder durchbrochenen gußeisernen Platte bedeckt. Die eine von den Röhren steht mit dem obern, die andere mit dem untern Theile des Kessels in Verbindung; die anderen Enden sind an gewissen Punkten mit einander verbunden. Die beiden Röhren erheben sich senkrecht bis zu einer gewissen Höhe, und diese Anhänge sind mit einem durchbrochenen gußeisernen Kasten umgeben, aus welchem sich warme Luft entwickelt. Zuweilen sind diese Anhänge durch gußeiserne Oefen ersetzt, in denen das Wasser circulirt. Diese verschiedenen Einrichtungen erfordern es, daß die Röhren auf gußeisernen Walzen liegen, damit die Ausdehnung ohne Nachtheil erfolgen kann.

2310. Es würde in jeder Beziehung weit vortheilhafter sein, die Heizung durch Dampf mittelst einer einzigen Röhre, die in Canälen angebracht ist, zu bewirken; von denselben müßten die senkrechten Arme der Röhren ausgehen und von deren obersten Punkten der Dampf durch Schlangenröhre mit einer großen Heizoberfläche abwärts gehen.

2311. Theater. — Die Dampfheizung erscheint in jeder Beziehung als die zweckmäßigste für Theater. In Beziehung auf die Ventilation müßte man, nach dem, was weiter oben über die Nachtheile des Ansaugens unangenehm riechender Luftströme gesagt worden ist, eine genaue Untersuchung anstellen, ob es nicht zweckmäßiger sein würde, das System des Ansaugens vollständig aufzugeben und es durch das des Einblasens zu ersetzen, von welchem wir näher reden wollen, wenn wir uns mit der Ventilirung der Hospitäler beschäftigen.

Digitized by Google

Viertes Capitel.

Die Heizung und Lüftung der Kirchen.

2312. Die Kirchen bilden durch die in denselben gewöhnlich herrschende Feuchtigkeit und wegen Mangels einer zweckmäßigen Temperatur einen ungesunden Aufenthalt; selten rührt dies von einer mangelhaften Ventilirung her, da sie gewöhnlich sehr hoch sind und ein viel bedeutenderes Luftvolum enthalten, als während der Dauer des Gottesdienstes erforderlich ist, und da fast stets eine Erneuerung der Luft durch die Spalten der Thüren und Fenster bewirkt wird. Die Feuchtigkeit der Kirchen ist übrigens eine der einflußreichsten Ursachen der Zerstörung der Kunstgegenstände in diesen Gebäuden, so daß es also auch in dieser Beziehung erforderlich ist, die Kirchen zu heizen und zu lüften. In England und auch hin und wieder in Deutschland werden namentlich kleinere Kirchen, wie sie der protestantische Gottesdienst mehr als der katholische mit sich bringt, geheizt. Auch in Frankreich, wenigstens in Paris, hat man seit einigen Jahren selbst sehr große Kirchen zu heizen gesucht, und hierüber sollen einige Bemerkungen mitgetheilt werden.

Die Magdalenenkirche zu Paris.

2313. Die Magdalenenkirche wird durch einen Warmwasserapparat, der von Herrn Duvoir-Leblanc construirt ist, geheizt und ventilirt; derselbe hat nachstehende Einrichtung: Der Kessel ist am Ende eines großen Gewölbes angebracht, welches sich der ganzen Länge des Gebäudes nach hinzieht. Ein aufsteigender weiter Canal steht mit der Kirche durch cylindrische Röhren in Verbindung, die am Boden der Kirche durch gußeiserne Platten verschlossen sind. In diesen weiten Röhren sind gußeiserne Oefen mit doppeltem Mantel angebracht, von denen der letztere als Expansionsgefäß dient. Die aufsteigenden und das Wasser zurückführenden Röhren sind in dem aufsteigenden Canal angebracht, der in mehrere gleiche Theile getheilt ist, von denen jeder einen Ofen enthält und mit dem Innern in Verbindung steht. Zwei Canäle, die mit dem parallel sind, in welchem die Circulation des Wassers bewirkt wird und auf welchem die Saugöffnungen in zwei Reihen in der Nähe der Mauern angebracht sind, leiten die kalte Luft in den Aschenkasten des Kesselofens. Die Heizung erfolgt unter dem Druck von zwei Atmosphären, der durch ein Sicherheitsventil beschränkt ist. Der Constructeur hat sich verbindlich gemacht, in der Kirche eine Temperatur von 12,5° und an einigen Punkten des Gewölbes eine solche von 18° für den mittlern Preis von 15 Frcs. für jeden Tag der Heizung, mit Einschluß des Lohnes für den Heizer, zu erhalten. Diese Bedingungen sind vollständig erfüllt worden

2314. Der Constructeur hat behauptet, daß die Ventilirung 4000 Kubikmet. in der Stunde des Tages und die Hälfte in der Stunde der Nacht, d. h. 72000 Kubikmet. in 24 Stunden betrage; diese Zahlen lassen sich aber schwierig nachweisen. Wenn der Herd 20 Kubikmet. Luft

Digitized by Google

mittelſt 1 Kilogr. Steinkohlen anſaugt, ſo wären zu 72000 Kubikmet. Luft täglich 3600 Kilogr. Steinkohlen erforderlich, die, 5 Frcs. pr. 100 Kilogr., 180 Frcs. koſten, während man nur 15 Frcs. für die Heizung und Ventilirung bezahlt. Das Volum der angeſaugten Luft kann nicht viel größer ſein, denn der Ofen muß eine hinreichende Temperatur haben, um die Verbrennung bewirken zu können; ſei aber das Volum welches es wolle, ſo muß die Erwärmung des Waſſers ſtattfinden. Nimmt man das Waſſer zu 100° an, ſo müßte die Luft mit einer höhern Temperatur entweichen; nimmt man ſie nun zu gleichem Volumen an, ſo würde, wenn das Gewicht der angeſaugten Luft $72000 \times 1{,}3 = 93600$ betrüge, die Wärme, welche ſie mit ſich nähme, $93600 \times 100 \times 0{,}24 = 22464000$ und die entſprechende Steinkohlenmenge $\frac{2246300}{8000} = 280$ Kilogr. ſein, die, zu 5 Frcs. pro 100 Kilogr., 14 Frcs. ausmachen. Es würde dann noch 1 Frc. für die Heizung des Waſſers und für den Lohn des Heizers bleiben. Es iſt daher ſehr wahrſcheinlich, daß die Heizung durch Circulation derſelben Luft um Warmwaſſeröfen ſtattfindet, und daß die Ventilirung ganz natürlich durch die Thüren und die Fenſterſpalten bewirkt wird, ausgenommen 3 bis 4000 Kubikmet. täglich, welche von dem Herde angeſaugt werden.

Die Kirche Saint-Roch zu Paris.

2315. Die Heizapparate dieſer Kirche ſind von Herrn Grouvelle eingerichtet worden, gaben aber in den erſten zwei Wintern ſchlechte Reſultate, bis eine Commiſſion die Beſchaffenheit genau unterſuchte und die Mängel verbeſſerte. Wir theilen die gedrängte Beſchreibung dieſer Heizapparate und ihrer Verhältniſſe um ſo eher mit, da man auch in Deutſchland anfängt, die Gotteshäuſer zu erwärmen, welches bei unſeren oft ſtrengen Wintern höchſt nothwendig iſt. In Berlin werden zur Zeit zwei Kirchen erheizt: die Dom- und Hofkirche und die neue St. Petrikirche; wie kennen die Einrichtung ihrer Heizapparate nicht.

2316. Die Kirche Saint-Roch iſt ein Gebäude von 110 bis 115 Met. Länge, von 28 Met. Breite und von 15 bis 18 Met. Höhe. Ihre Oberfläche beträgt etwa 3100 bis 3200 Quadratmet. Die der äußern Abkühlung ausgeſetzten Mauern haben eine Oberfläche von 3500 Met. und eine mittlere Dicke von 0,50 Met. Die Oberfläche der Fenſterſcheiben beträgt 860 Quadratmet. Die Mauern und die inneren Pfeiler haben ein Volum von 1800 Kubikmet. Die Kirche enthält ungefähr 3500 Sitzplätze und nimmt an gewöhnlichen Sonntagen 2000 bis 4000, an gewöhnlichen Feſttagen 4000 bis 6000 und an großen Feſttagen 6000 bis 8000 Perſonen auf.

Das ganze Schiff zerfällt in drei verſchiedene Theile. Die erſte und größte Abtheilung iſt 38 Met. breit und 68 Met. lang; ſie umfaßt das Mittelſchiff und die Abſeiten, den Chor und die Seitencapelle; die Höhe des Gewölbes beträgt 17 bis 18 Met. Die zweite Abtheilung beſteht aus der Capelle der heiligen Jungfrau, die kreisrund iſt, etwa einen Durchmeſſer von 30 Met. und eine Kuppel von 25 Met. hat. In dem entfernteſten Theile der Kirche befindet ſich der Calvarienberg, und dieſer Theil iſt niedrig, kalt und feucht, indem das Gewölbe nur 15 Met. Höhe hat. Die

Digitized by Google

Fenster waren in der ersten Zeit der Heizung in einem sehr schlechten Zustande, allein seitdem ist dieser ganze Theil der Kirche gründlich reparirt.

2317. Außer diesen gewöhnlichen Ursachen der Abkühlung durch die Mauern und Fenster giebt es aber auch noch andere ungewöhnliche, bestehend in sehr vielen unverschlossenen Oeffnungen. Die Kirche hat 64 Fenster mit einer Gesammtoberfläche von 860 Quadratmet.; diese Fenster sind aber in einem schlechten Zustande; die Scheiben sind in Blei gelegt und sehr undicht, jedes Fenster hat auch zwei Flügelöffnungen, die gewöhnlich nur schlecht verschlossen sind. Endlich hat auch das Gewölbe 87 Oeffnungen, durch welche die Gehänge der Kronleuchter gehen. Die Gesammtoberfläche dieser Oeffnungen beträgt 14,15 Quadratmet. in einer mittleren Höhe von 11,20 Met. Außerdem hat die Kirche sechs große Thüren und mehrere kleine Pforten.

2318. Heizungssystem. — Die von Herrn Grouvelle angewendete Heizung besteht in einer Warmwassercirculation von Niederdruck, deren Röhren in Canälen unter dem Fußboden liegen. In diese Canäle wird frische Luft von außen angesaugt, und über den Canälen sind mit Gittern bedeckte Löcher angebracht, durch welche die warme Luft in das Innere der Kirche ausströmt.

In einem runden Gewölbe unter der Jungfrauen-Capelle ist ein Kessel mit zwei Siederöhren und von ungefähr 12 Pferdekraft angebracht. Eine gußeiserne Röhre von 0,14 Met. (6 Zoll) Durchmesser, deren einzelne Theile durch Flantschen und Schraubenbolzen verbunden sind, entwickelt sich auf eine Länge von 168 Met. Sie geht von dem obern Theil des Kessels aus durch die rechte Abseite oder das rechte Nebenschiff der Kirche, hat eine Steigung von drei Centimeter auf das Meter und ihr Scheitelpunkt liegt unter der Kanzel. Sie geht auf der linken Seite der Kirche zurück, indem sie dasselbe Fallen verfolgt, und läuft in eine Siederöhre des Kessels aus. Neben dieser Hauptröhre läuft eine Nebenröhre, und zwar auf der abfallenden Seite; in derselben circulirt das Wasser in entgegengesetzter Richtung und vereinigt sich mit dem Scheitelpunkte der Hauptröhre, d. h. also unter der Orgel.

Der Canal, unter welchem die Heizröhren liegen, besteht aus einer Ziegelsteinmauerung und hinter den Mauern befindet sich ein leerer Raum, um den Wärmeverlust möglichst zu vermindern. Unten besteht der Canal aus Bohlen und zu ihm führen Canäle aus der freien Luft. Die Decke der Canäle besteht ebenfalls aus Holz und ist, wie wir schon weiter oben bemerkten, mit Oeffnungen versehen, die mit Gittern bedeckt sind, durch welche die warme Luft frei ausströmen kann.

Von dem andern Ende des Kessels läuft eine zweite Röhre ab und circulirt unter der Capelle, so wie unter dem Calvarium; diese Röhre hat aber nur 0,02 Met. ($4^1/_2$ Zoll) Durchmesser und 86 Met. Länge.

2319. Ventile, die auf den steigenden und abfallenden Röhren angebracht sind, gestatten eine Verminderung oder selbst eine gänzliche Unterdrückung der Wassercirculation in den großen Heizröhren. Vier Erweiterungen von 3 Met. Länge und von 0,35 Met. (14 Zoll) Durchmesser vermehren die Heizoberfläche; sie sind auf der Länge der Hauptröhren vertheilt. Außerdem sind über den Hauptöffnungen noch vier Oefen von verschiedenem Durchmesser angebracht. Endlich begünstigen auch mehrere kleine Zweigröhren die möglichste Vertheilung der Wärme.

Digitized by Google

Um den Nutzeffect der Brennmaterialien zu verstärken, circulirt auch von der blechernen Röhre, welche die Produkte der Verbrennung aus dem Kesselofen abführt, ein Zweig von 7 Met. Länge in der Capelle.

Die Hauptdimensionen des Apparates sind folgende: Heizoberfläche des Kessels, mit Einschluß der Siederöhren, 15,40 Quadratmet.; Rostoberfläche 0,40 Met.; Oberfläche der Abkühlung der Röhren oder der Wärmeentwickelung 164,85 Quadratmet.; Volum des Wassers, welches zum Kochen gelangt, 3,008 Kubikmet.; Volum des erkalteten Wassers 4,218 Kubikmet.; Gesammtvolum des Wassers in dem Apparat 7,226 Kubikmet.; Temperatur des Wassers in dem Kessel 120°; am Ende der abfallenden Röhre, welche das Wasser zurückführt, 102°; mittlere Temperatur des in Circulation befindlichen Wassers 111°; größter Niveau-Unterschied 3 bis 4 Met. Die erwärmte Luft strömt durch 22 Oeffnungen, die mit Gittern verschlossen sind, in die Kirche aus; 21 davon haben eine freie Oberfläche von 0,35 Quadratmet. und die letzte, welche unter der Orgel angebracht ist, von 0,40 Quadratmet. Die Summe dieser Oberflächen beträgt 3,235 Quadratmet.

2320. Das bei der Untersuchung befolgte Verfahren. — Jeden Morgen wurde die zum Tagesverbrauch bestimmte Steinkohle abgewogen und auf Haufen von 200 Kilogr. geworfen. Der Heizer bemerkte die Stunde des Anfeuerns, die Stunde des Auslöschens und die Stunde, in welcher ein neuer Haufen angegriffen wurde; der Uebereſt von dem letzten Haufen wurde sorgfältig gewogen.

Fünfmal täglich beobachtete man die innere und äußere Temperatur. Zu dem Ende waren 10 vorher mit einander verglichene Thermometer 2 Met. über dem Boden unter den Kronleuchtern aufgehängt; die mittlere Angabe dieser Thermometer wies die innere Temperatur nach. 2 andere Thermometer waren 2 Met. über den Wärmeöffnungen aufgehängt; 6 Thermometer waren an den inneren Seitenwänden, die Röhre diesen zugekehrt, aufgehängt und gaben die Temperatur dieser Wände an; endlich waren 2 Thermometer unter der Orgel, 8 bis 9 Met. hoch, und ein drittes zu Anfang der Kuppel der Jungfrauen-Capelle angebracht, und diese drei letztern dienten zur Bestimmung der Wärmevertheilung in verschiedenen Höhen.

Die Resultate gleicher Beschaffenheit sind auch graphisch durch Curven dargestellt.

2321. Resultate der angestellten Versuche. — Durch eine übel angebrachte Ersparung hatte man die Kirche nur in unregelmäßigen Zwischenräumen erheizt, nie aber ununterbrochen. Die Temperatur hatte daher nie mehr als 9 bis 10° erreicht, und war auch oft geringer, sobald die äußere Temperatur unter dem Gefrierpunkte stand. Man hielt es daher für zweckmäßig, die Masse der Mauern durch eine längere Heizung durchzuwärmen, worauf man auch weit bessere Resultate erlangte. Durch eine ununterbrochene achttägige Heizung erreicht man eine Temperatur bis 16 und selbst bis 18 Grad. Eine solche ist aber für Orte, die man nur warm bekleidet besucht, viel zu hoch, und es mußten daher viele Leute die Kirche verlassen, weil ihnen diese Wärme unerträglich war.

2322. Effect, welcher durch die ununterbrochene Heizung hervorgebracht wird. — Herr Leonce Thomas war bei der Untersuchung der Kraft und der Einrichtung des Apparates von vorn herein der Meinung gewesen, daß die geringen Resultate, welche man im vorhergehenden Jahre erlangt hatte, nur daher kamen, daß die Mauern nicht durch-

Digitized by Google

wärmt worden waren, wohin man gelangen mußte, wenn man während einer gewissen Zeit Tag und Nacht feuerte, und daß alsdann eine höhere Temperatur dauernd mit einem geringeren Brennmaterialverbrauch erlangt werden würde. Diese Annahme ist durch die Erfahrung vollkommen bestätigt worden. Durch eine ununterbrochene achtägige Heizung hat sich die innere Temperatur nach und nach bis auf 16 Grad erhoben und am nächsten Sonntag, bei einem bedeutenden Kirchenbesuch, erhob sie sich auf 18 Grad; diese Temperatur ist, wie schon gesagt, für Kirchen viel zu hoch und es mußten daher dieselbe Viele verlassen. Die erlangte Brennmaterialersparung war sehr wesentlich, wovon sich der Grund leicht einsehen läßt. Wenn die große Masse der Luft, die inneren und äußeren Mauern die Temperatur besitzen, die in den Gebäuden erhalten werden muß, so kommen nur Verluste durch die regelmäßigen Transmissionen vor, während, wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, die Mauern eine bedeutende Wärmemenge absorbiren, welche alsdann gar keinen Nutzen hat.

2323. Unterbrochene Heizung. — Sobald die Mauern eines solchen Gebäudes durchwärmt sind, muß man hauptsächlich nur darauf sehen, die verloren gehende Hitze zu ersetzen. Man braucht daher nur einige Stunden täglich zu heizen, um ein Sinken der Temperatur von 2 bis 3 Grad zu verhindern. Jedoch muß stets so lange gefeuert werden, bis diese Temperatur wieder erlangt ist, indem auf diese Weise an Brennmaterial erspart wird; denn zu Anfang der Feuerung geht stets Brennmaterial darauf, um das Wasser, die Röhren und Canäle zu der normalen Wärme zu bringen, und es ist bewiesen, daß die warme Luft ihre höchste Temperatur nur erst nach drei Tagen erlangt. Daher besteht denn die wohlfeilste Feuerungs-Heizmethode darin, die Temperatur im Schiffe um einige Grad fallen zu lassen und dann so lange zu feuern, bis die Temperatur einige Grade über der normalen steht.

2324. Höchste Leistung des Apparates. — Wenn bei gleich bleibender innerer Temperatur die äußere Luft kälter wird, so erfolgt eine schnellere Abkühlung, und man bedarf alsdann einer lebhafteren und stärkeren Heizung, um die innere Temperatur zu erhalten; man sieht leicht ein, daß, wenn der Apparat durch ununterbrochene Feuerung zu seiner höchsten Leistung geführt worden ist, die innere Temperatur so sinken wird, daß ihre Differenz mit der äußeren constant bleibt.

Man hat zweimal Gelegenheit gehabt, die höchste Leistung des Apparates kennen zu lernen, zu Zeiten, wo das Thermometer in einer Nacht von + 8 bis 10° auf — 3° oder auf — 6° fiel. Man hat bemerkt, daß alsdann ungeachtet der ununterbrochenen Feuerung die innere Temperatur plötzlich so sank, daß ihr Unterschied gegen die der äußern nur 16° betrug. Daher ist dies die Wirkung, welche die höchste Leistung des Apparates mißt.

Bei einer äußern Temperatur von — 6° würde die innere Temperatur daher nur 10° betragen, und es würde demnach der Apparat unzulänglich sein, um bei einer Kälte von 6° in der Kirche eine Wärme von 12 bis 13° hervorzubringen. Jedoch muß bemerkt werden, daß die Temperatur, die wir hier untersuchen und die uns im Winter angenehm, nur relativ ist, und um so niedriger sein kann, je kälter die Luft ist. Würde daher bei einer bedeutenden Kälte die Temperatur in der Kirche eben so hoch sein, als wenn das Thermometer nur auf dem Gefrierpunkte steht, so

Digitized by Google

würde man im ersteren Falle die Wärme weit mehr empfinden, als im letzteren.

2325. Abkühlung der Kirche. — Nachdem die Temperatur in der Kirche in Folge des Aufhörens der Heizung nach und nach so weit gefallen war, daß sie die äußere nur um 4 bis 5 Grad überstieg, hob sich die äußere Temperatur nach und nach und die innere machte dieselbe Bewegung, obgleich die Erhöhung gering war. Man kann sich von dieser Erscheinung dadurch Rechenschaft geben, wenn man berücksichtigt, daß die Temperaturunterschiede der Mauerflächen stets geringer sind, als die der innern oder äußern Luft, wegen der im Innern durch die anwesenden Personen hervorgebrachten Wärme, so daß, wenn diese letztere Differenz nur 5 Grad beträgt, die erstere sehr gering ist und eine geringe Erhöhung der äußern Luft die Richtung des Temperaturwechsels in den Mauern verändern kann.

2326. Außerordentliche Langsamkeit der Abkühlung. — Nimmt man die mittlere Temperatur des Winters in Paris zu 5 Grad an, und soll das Innere der Kirche in einer Temperatur von 12 Grad erhalten werden, so ist die Differenz 7 Grad, und es folgt aus den Versuchen, daß bei diesem Temperaturunterschiede die Geschwindigkeit der Abkühlung so langsam ist, daß, um ein Fallen des Thermometers von 1 Grad zu veranlassen, fünf oder sechs Tage nicht geheizt werden darf.

2327. Einfuß der Menschenmenge und des Oeffnens der Thüren. — Während des Hochamtes strömen viel Gläubige in das Gotteshaus und es steigt alsdann die Temperatur um 1 oder 2 Grad, fällt aber auch wiederum sehr bald, nachdem sich die Menge verlaufen hat. Diese auf den ersten Blick eigenthümliche Erscheinung ist eine Folge der bedeutenden Wärmeabsorption der Mauern.

Von dem Oeffnen der Thüren, obgleich es Stunden lang statt fand, hat man keine Abkühlung wahrgenommen.

2328. Vertheilung der Wärme in verschiedenen Höhen. — Zwei Thermometer waren unter der Orgel 8 oder 9 Met. über dem Boden aufgehängt und ein drittes an dem Gesims der Jungfrauenkapelle, 18 bis 20 Met. über dem Boden. Diese drei Thermometer wurden zwanzig Tage lang 3 bis 5 Mal täglich untersucht und gaben eine Temperatur an, die höher war, als der durchschnittliche Stand von 10 Thermometern, die 2 Met. oder 0,25 bis 0,75 Met., nie aber höher über dem Boden angebracht worden waren.

Die fragliche Thatsache, die schon wiederholt unter ähnlichen Umständen wahrgenommen wurde, rührt daher, daß die warmen Luftströme eine nur wenig hohe Temperatur, einen geringen Durchschnitt und eine kleine Geschwindigkeit haben, und daß sich ihre Wärme sehr schnell in der Masse vertheilt, da die Luft eine große Vertheilungsfähigkeit hat und dieselbe um so größer ist, da die Bewegungen, welche in dieser Masse durch verschiedene Ursachen, von denen wir sogleich reden werden, hervorgebracht worden sind, diese Vermischung der verschiedenen Theile noch mehr befördern.

2329. Bewegung der Luft im Gebäude. — Gegen alle inneren Oberflächen der Mauern und in einer bedeutenden Entfernung davon ist die Temperatur der Luft stets 0,75 bis 0,50 Grad geringer als die der Luft in dem mittleren Theile; folglich existirt ein kalter Luftstrom, der längs den Wänden niedergeht, und ist dies eine nothwendige Folge der

Digitized by Google

Art ihrer Erwärmung. Ein anderer, offenbar sehr einflußreicher Umstand veranlaßt ebenfalls sehr verschiedenartige Bewegungen in der Luftmasse; es ist dies die Undichtigkeit der Fenster. Die Gesammtsumme dieser Ritzen, die auf eine große Oberfläche vertheilt sind, beträgt die verhältnißmäßig ungeheure Zahl von 14 Quadratmetern. Da aber die Oeffnungen in sehr verschiedenen Höhen vorhanden und rechts und links vertheilt sind, so lassen sie nicht allein die innere Luft ausströmen, sondern auch andere einströmen, selbst wenn diese ruhig ist. Es ist ganz klar, daß bei Windströmen, die senkrecht auf den Fenstern stehen, die äußere Luft durch die Ritzen dieser Flächen eindringen und die innere auf der entgegengesetzten Fläche ausströmen wird, indem hinter derselben der atmosphärische Druck gering ist.

2330. Auffangen der innern Luft. — Herr Grouvelle hat nur sehr wenig Oeffnungen zum Auffangen der innern Luft angebracht und diese haben nur eine geringe Wirkung. Es ist dies ein nachtheiliger Umstand, indem in Beziehung auf die Beschaffenheit dieser Luft es durchaus nicht unzweckmäßig gewesen sein würde, die Luft in dem Schiffe aufzufangen und sie von Neuem zu erwärmen, weil dadurch eine wesentliche Brennmaterialersparung veranlaßt worden wäre.

2331. Leichtigkeit der Circulation des Wassers. — Der geringste Niveau- und Temperaturunterschied ist hinreichend, um in engen Röhren eine Bewegung des Wassers zu veranlassen. An mehreren Punkten der Kirche sind $4^1/_2$ Zoll weite Röhren kniefömig und in sich selbst umgebogen und zwar mehrmals auf einer nicht bedeutenden Länge; die Neigung dieser Röhren ist gering, allein die Circulation ist dennoch eine sehr lebhafte.

2332. Um die Veränderungen der Temperatur, die im Innern und Aeußern der Kirche während dieser Versuche stattfanden und welche wirkliches Interesse für das Studium großer Heizungen darbieten, nachzuweisen, sind von Herrn Thomas diese Temperaturen durch Curven graphisch dargestellt.

In den Figg. 582, 534 u. 584 sind auf der Linie A B die Zeiten angegeben. Die Zwischenräume a b stellen die Stunden dar; die Temperaturen sind durch senkrechte Linien angegeben; die punktirte horizontale Linie C D entspricht 15°. Die obere Curve stellt die mittleren Temperaturen dar, in welche die Temperatur der warmen Luft bei 2 Met. über den Mündungen um $^1/_{11}$ eingeht. Die Curve unmittelbar darunter stellt die mittleren Temperaturen dar, welche von dem Thermometer in einiger Entfernung von den Wärmeöffnungen angegeben worden sind. Die dritte Curve giebt die Temperatur der inneren Mauerflächen an, und die vierte endlich, welche die meisten Biegungen hat, die äußeren Temperaturen. Die Schraffirung, welche sich bis zur höchsten Curve ausdehnt, bezeichnet die Dauer der Heizung. Die schwarze Schraffirung darunter, welche die Tage bezeichnet, giebt den Brennmaterialverbrauch an; sie entspricht für jeden Tag der dunkeln länglich viereckigen Oberfläche; wenn keine Continuität in dem Verbrauch stattgefunden, so wird sie auf die reducirt, welche sie gewesen sein würde, wenn der Verbrauch 24 Stunden lang gleichmäßig war. Die Zahlen in den dunkeln Rechtecken stellen den mittlern Steinkohlenverbrauch in 24 Stunden dar.

Der gesammte Brennmaterialverbrauch betrug in 63 Tagen, von Mitte November bis Anfang Januar, 32170 Kilogr., d. h. 510 Kilogr. täglich.

Digitized by Google

Die Temperaturen betrugen im Durchschnitt 12,2° im Innern und 4,5° im Aeußern, und folglich hat der mittlere Ueberschuß etwa 8° betragen. Bei einer constanten innern Temperatur von 10° und einer mittlern äußern von 6°, sowie folglich bei einem mittlern Ueberschuß von 4° würde der Brennmaterialverbrauch zwei Mal kleiner geworden sein, d. h. 521 Kilogr.

2333. Berechnung der Wirkungen, welche von den verschiedenen Ursachen hervorgebracht worden sind, durch welche die Wärmevertheilung bewirkt wird. — Geht man von der bekannten Thatsache aus, daß, wenn der Apparat seine höchste Wirkung hervorbringt, der Steinkohlenverbrauch bei einem Temperaturunterschiede von 16° 40 Kilogr. in der Stunde beträgt, so kann man die hervorgebrachten Wärmemengen mit denen vergleichen, welche durch bekannte Ursachen zerstreut werden. In dem vorliegenden Falle wird die Wärme zerstreut: 1) durch die Rauchröhre; 2) durch die Ofenwände; 3) durch die Canäle, in denen die Luft erwärmt wird; 4) durch die Mauern und die Fenster; 5) durch das Entweichen der warmen Luft durch die zahlreichen Undichtigkeiten der Fenster.

Vergleicht man den Kessel mit den Dampfkesseln, so würde jedes Kilogr. Steinkohle die Wärmemenge hervorbringen, welche der Verdampfung von 7 Kilogr. Wasser bei 100° entspricht, d. h. $7 \cdot 550 = 3850$; die Differenz zwischen dem Wärmevermögen der Steinkohle und dieser Zahl stellt die Wärmemenge dar, welche durch die Esse und die Ofenwände entweicht. Darum ist in dem Falle, um den es sich handelt, die gesammte entwickelte Wärmemenge gleich $3850 \cdot 40 = 154000$.

2334. Die durch die Mauern entweichende Wärme erhält man mittelst Formeln, deren Entwickelung hier zu weitläufig sein würde. Nimmt man die Mauerdicke = 0,50 Met., 16° für den Temperaturüberschuß der innern gegen die äußere Luft und 1,27 für den Coefficienten der Leitbarkeit, so findet man für die auf das Quadratmeter und in der Stunde durchgelassene Wärmemenge 14,80 und für die gesammte Menge der durch die Mauern entwichenen Wärme $5835 \cdot 14,80 = 86358$.

Die durch die Fenster entweichende Wärme beträgt nach einer neuen Formel für eine Höhe von 5 Metern und für einen Temperaturunterschied von 16° 40 Einheiten und folglich wird auf die 860 Met. Fenster die ganze entweichende Wärmemenge $860 \cdot 40 = 34400$ sein.

Man kann die in den Circulationscanälen der Warmwasser- und Luftröhren verloren gegangene Wärme unberücksichtigt lassen, weil ein Theil der durch die Wand der Canäle dringenden Wärme durch den Boden wieder in die Kirche zurückgeht.

Alsdann wird die ganze durch die Fenster und Mauern verloren gehende Wärmemenge $86358 + 34400 = 120758$, und der Wärmeverlust durch die Ventilation $154000 - 120758 = 33242$ sein.

Wenn man die Ausströmungsgeschwindigkeit der warmen Luft in der Kirche gemessen hätte, indem man die Summe des Querschnitts der Einströmungsöffnungen kennt, würde man das Volum davon abgezogen haben, und dann nach dem Ueberschuß ihrer Temperatur gegen die der äußern Luft die in die Kirche geführte Wärmemenge berechnen können, welche 154000 Einheiten hätte betragen müssen, wenn unsere Berechnungen richtig sind. Diese Bestätigung kann man indessen erhalten, wenn man die Ventilation nach

Digitized by Google

zwei verschiedenen Verfahrungsarten berechnet, welche offenbar zu denselben Resultaten führen.

Wir sahen soeben, daß die durch die Ventilation verloren gegangene Wärmemenge gleich 33242 Einheiten ist. Da nun die durch die Ritzen der Fenster entweichende Luft sich nach der Temperatur des Glases richtet, welches in dem von uns betrachteten Falle einen Temperaturüberschuß von 8° gegen die äußere Luft haben würde, so würde der Wärmeverlust auf 1 Kubikmeter Luft $1,3 \cdot 8 \cdot 0,25 = 2,60$ sein und folglich das Volum der Luft, welches pro Stunde aus der Kirche ausströmt, $33242 : 2,60 = 12785$ Kubikmet. betragen.

Bemerken wir jetzt, daß, wenn die Luft, welche in die Circulationscanäle der Warmwasserröhren eindringt, hier mit — 4° ankommt und, nach einer Angabe, beinahe mit einer Temperatur von 38° dieselben verläßt, sie hierdurch eine Temperaturzunahme um 42° beweist. Bezeichnet man alsdann mit x das Volum der durch die Oeffnungen ausgezogenen warmen Luft, so erhält man $x \cdot 1,3 \cdot 42 \cdot 0,25 = 154000$; woraus man folgert $x = 11282$, eine Zahl, welche der sehr nahe kommt, die wir anfänglich gefunden haben; da dieses Volum Luft von 38° betrifft, so scheint, um dasselbe auf 12° zurückzuführen, daß man es mit dem Verhältniß der Ausdehnung multipliciren müsse. Nun müssen wir aber bemerken, daß die Zahl 1,3 mit diesem umgekehrten Verhältniß hätte multiplicirt werden müssen, daß sich folglich beide Correctionen heben.

2335. Die Wärmemenge, welche auf das Quadratmeter und die Stunde durch die mit Wasser angefüllten Röhren, die in den Canälen liegen, durch welche die Luft streicht, verloren geht, unterscheidet sich sehr wesentlich von derjenigen Abkühlung, welche dann stattfinden würde, wenn die Röhren von freier Luft umgeben wären. Wirklich besteht der Verlust an Wärme in den Röhren in derjenigen, welche sie direct an die Luft absetzen, sowie auch in der, die der Luft durch die Oberfläche des erwärmten Canals mittelst der Strahlung mitgetheilt wird. Diese Wärme hängt nothwendig von der Geschwindigkeit der Luft ab und steigt mit derselben nach unbekannten Gesetzen, allein sie unterscheidet sich wenig von derjenigen, welche durch die der freien Luft ausgesetzten Röhren verloren geht, deren Temperatur gleich der mittlern Temperatur der Luft bei ihrem Eintritte in den Canal und bei ihrem Austritt sein würde; in dem vorliegenden Falle beläuft sich die durch die Oeffnungen entweichende Wärmemenge auf 54000 Einheiten. Da die Oberfläche der Röhren 108 Quadratmeter beträgt, so ist die auf das Quadratmet. durchgelassene Wärme gleich $154000 : 165 = 933,3$ bei einer mittleren Temperatur der Luft, die gleich $(4 + 38) : 2 = 21$, und bei einem mittlern Ueberschuß von $111 - 21 = 90$. Nun folgt aus bekannten Formeln, daß die Wärmemengen, welche durch einen der Luft ausgesetzten gußeisernen Cylinder bei einer Differenz von 90° verloren gehen, für den Verlust durch Strahlung = 466 und für den von der Berührung der Luft herrührenden = 340, Summa 806, sind, eine Zahl, welche von der gefundenen nur wenig abweicht.

Es muß endlich noch bemerkt werden, daß, da das Volum der Kirche 32000 Kubikmet. beträgt und die Ventilation fast auf 10000 Kubikmet. in der Stunde sich beläuft, die in der Kirche enthaltene Luft täglich acht Mal erneuert wird, daß diese also für 3200 Personen während einer Stunde hinreichen würde, da 10 Kubikmet. für die Person erforderlich sind.

Digitized by Google

Die Kirche St. Vincent de Paul.

2336. Die Heizapparate sind von Herrn René Duvoir construirt worden; ihre Einrichtung ist die folgende: Der Boden des mittlern Schiffs ist an seinem Umfange mit einem Canal versehen, der mit gußeisernen durchbrochenen Platten verschlossen ist und Röhren enthält, in welchen warmes Wasser circulirt; dieser Canal ist 0,60 Met. breit. Bei einer äußern Temperatur von 2° betrug die im Innern der Kirche an verschiedenen Lagen etwa 13 Grad.

Die angenommene Einrichtung hat einen Nachtheil, der auf dem ersten Blick wesentlich zu sein scheint; es können nämlich die Stühle nicht über den Canälen aufgestellt werden, wenigstens wenn die Heizung stark ist, weil die Platten oder Gitter eine zu hohe Temperatur haben. In den Wochentagen haben die Stühle hinreichend in dem von den Canälen umschlossenen Raum Platz, und an Sonn- und Festtagen, wenn die Kirche gefüllt ist, können die Stühle überall hingesetzt werden, indem man an solchen Tagen die Heizung unterläßt, wodurch übrigens die Temperatur in der Kirche nicht wesentlich vermindert wird, da die Mauern eine bedeutende Wärmemenge aufgenommen haben, wovon man sich mittelst der Thermometer überzeugen kann. Bei diesem Heizverfahren findet eine künstliche Ventilirung nicht statt; allein man findet selbst an Tagen, wo die Kirche mit etwa 2000 Personen gefüllt ist, durchaus keinen schlechten Geruch; durch die Fensterspalten und durch die häufig geöffneten Thüren erfolgt eine natürliche Ventilirung, und endlich ist auch die in der Kirche enthaltene Luftmasse so bedeutend, daß sie während des Gottesdienstes nicht wesentlich verschlechtert werden kann. Uebrigens würde diese Heizmethode sehr leicht eine Ventilirung bewirken können, wenn man eine solche für nöthig erachtete; es würde zu dem Ende hinreichend sein, unter den Canälen mit den Warmwasserröhren einen mit der äußern Luft in Verbindung stehenden äußern Canal anzubringen, der unter den Röhren sehr viel Oeffnungen enthielte. Es ist ganz offenbar, daß man, wenn die Summe der Spalten in den Fenstern eine hinreichende Oberfläche nicht darbietet, an dem obern Theile des Gebäudes oder in einer gewissen Höhe Oeffnungen anbringen müßte.

Aus den thermometrischen Versuchen, die in dieser Kirche angestellt sind, läßt sich eine sehr eigenthümliche Erscheinung wahrnehmen; von einer gewissen Höhe ab vermindert sich die Temperatur, wenn man noch mehr aufwärts geht. Diese Erscheinung rührt ohne Zweifel daher, daß der obere Theil dieser Kirche, wie es gewöhnlich der Fall ist, durch kein Gewölbe von dem Dachraum getrennt ist, so daß sich die Luft sehr abkühlt und niederwärts gehende kalte Luftströme nach der ganzen Oberfläche des großen Schiffes entstehen.

Das warme Wasser circulirt in den Röhren nur nach einer Richtung; um aber den Einfluß der Abkühlung, dem es auf seinem Lauf an dessen Enden unterworfen ist, zu vermindern, hat man die Röhren an diesem Punkt in mehrere getheilt, die eine große Oberfläche darbieten. Sicher würde es vortheilhaft sein, das Wasser in zwei Röhren, die man in dem Canal anbrächte, in entgegengesetzter Richtung zu bewegen, weil alsdann die Summe der Temperaturen an jedem Punkte der Röhren wesentlich constant sein würde.

Digitized by Google

Der Constructeur ist der Meinung, daß diese Heizung weit wohlfeiler als diejenige ist, bei der die Heizröhren innen befindlich sind, indem in diesem letztern Falle viel Wärme von dem Boden aufgenommen wird. Da aber bei dieser neuen Einrichtung viel Wärme gegen die Mauern ausstrahlt, so kann man daher die Frage nur mit Hülfe von Versuchen lösen, die freilich noch nicht angestellt sind. Nach den gemachten Angaben betrug die innere Temperatur im Monat März 14° und die äußere 7° nach einem mehrtägigen Durchschnitt und der mittlere Brennmaterialverbrauch belief sich auf 280 Kilogr. täglich.

Die Kirche St. Sulpice.

2337. Als im Jahre 1852 die Heizung dieser Kirche unternommen werden sollte, wurden der Commission, die damit beauftragt war, die nachstehenden drei Projecte vorgelegt.

2338. Der erste Entwurf von Herrn Duvoir-Leblanc bestand in der Aufstellung zweier Warmwasserkessel, wovon der eine fast in der Mitte der Kirche und der zweite unter der Capelle der heiligen Jungfrau sich befand. Die Heizung sollte durch Luft bewirkt werden, die sich an den Warmwasserröhren erwärmte, und durch 17 Wärmeöffnungen, welche im Boden vertheilt waren. Ein Warmwasserofen mußte in der Sakristei und drei andere kleinere in den damit zusammenhängenden Räumen aufgestellt werden. Der Anschlag belief sich auf 23000 Frcs., ohne Einschluß der Aufstellungskosten, der Construction der Rauchessen u. s. w., und der Constructeur verpflichtete sich, eine Temperatur von 10° in der Kirche und von 15° in der Sakristei und in den damit zusammenhängenden Räumen für 11 Frcs. täglich zu erhalten, wenn ein einziger dieser beiden Apparate, und von 25 Frcs., wenn beide Apparate benutzt würden, den Heizerlohn mit inbegriffen.

2339. René Duvoir hatte zwei Entwürfe gemacht; der erste bestand darin, den Boden, der zum großen Theil mit gußeisernen Platten bedeckt war, durch Röhren mit warmem Wasser zu erwärmen. Diese Anlagekosten erhoben sich auf 43368 Frcs.; über den Brennmaterialverbrauch enthielt der Entwurf nur sehr oberflächliche Bestimmungen. Der zweite Entwurf bestand in einer Luftheizung mittelst Oefen. Der Anschlag belief sich auf 28532 Frcs. und außerdem auf 8777 Frcs., wenn man das Schiff mit warmem Wasser heizen wollte; diese Entwürfe waren mit Abbildungen begleitet, welche alle Constructionseinzelheiten enthielten.

2340. Herr Grouvelle hatte drei Entwürfe vorgelegt. Der erste bestand in zwei Luftwärmöfen mit zwei Röhren, welche von dem Rauche durchströmt wurden; die warme Luft wurde durch Röhren von gebranntem Thon, welche von schlechten Wärmeleitern umgeben waren, zu 18 Wärmeöffnungen geleitet, die am Boden befindlich und auf dessen Oberfläche zweckmäßig vertheilt waren. Die von den Wärmeöfen angesaugte Luft konnte nach Belieben in der Kirche oder außerhalb aufgefangen werden. Die Anlagekosten betrugen 29,000 Frcs., und um eine constante Temperatur von 15° zu erhalten, machte sich der Constructeur verbindlich, täglich nicht mehr als 600 Kilogr. Steinkohlen zu verbrauchen. Der zweite Entwurf war von dem ersten nur durch die Form der Oefen verschieden; die gußeisernen Röhren waren, statt von dem Rauch, von der Luft durch-

Digitized by Google

strömt, und die Anlagekosten erhoben sich nur auf 25000 Frcs. In dem dritten Entwurf endlich waren die Einrichtungen dieselben, wie in den beiden ersten, nur wurde die Luft auf Warmwasserröhren erwärmt und die Anlagekosten erhoben sich auf 36000 Frcs. Herr Grouvelle machte den Vorschlag, diesem dritten Entwurf eine gußeiserne Oberfläche am Boden mitten im Schiff von 28 Met. Länge und 0,25 Met. Breite hinzuzufügen; diese durchbrochenen Platten sollten einen Canal bedecken, der zum Theil von einer mit warmem Wasser angefüllten, wiederholt gebogenen Röhre eingenommen war. Die Anlagekosten für diesen Zusatz beliefen sich auf 1690 Frcs.; alle Entwürfe waren von sehr speciellen Zeichnungen begleitet.

2341. Die Commission war der Meinung, daß das Project von René-Duvoir, welches in der Bodenerwärmung besteht, sehr zweckmäßig zur Erwärmung von Räumen sei, in denen man sich nicht lange auf einem Platze aufhält, wie die Börse, die Wartesäle der Eisenbahnstationen u. s. w.; daß er aber für eine Kirche wenig geeignet sei. Um sich lange Zeit auf den gußeisernen Platten aufhalten zu können, muß sich das darunter befindliche Wasser nothwendig auf einer geringen Temperatur befinden; denn da die Abkühlung der Platten von den darauf befindlichen Personen sehr vermindert ist, würde ihre äußere Wand sehr bald eine dem Wasser ähnliche Temperatur erhalten. Uebrigens würde dadurch die Kirche nur dann erwärmt werden, wenn die Platten nicht bedeckt sind, d. h. wenn Niemand darauf steht. Sie würden hauptsächlich die Mauern durch Strahlung erwärmen und nur die Hälfte der entwickelten Wärme würde zur Lufterwärmung angewendet werden können. Endlich ist auch dies System noch nicht versucht, und man weiß daher nicht, auf welcher Basis der Brennmaterialverbrauch berechnet werden kann. Die Commission hat alsdann die Vortheile und Nachtheile der beiden Systeme von Luftwärmöfen untersucht und den Warmwasseröfen den Vorzug geben müssen. Es war daher nur noch die Wahl zwischen dem Entwurf von Duvoir-Leblanc und dem von Grouvelle zu treffen.

Es haben folgende Betrachtungen die Wahl begründet.

2342. Das Project von Duvoir-Leblanc enthält nicht die nöthigen Details, um sich Rechenschaft von den Anlagekosten der Apparate zu geben. Außerdem sind die Bedingungen bei den Kosten der Heizung zu unbeschränkt für den Unternehmer; denn wenn es der Heizer wollte, so könnte er durch Verminderung des Brennmaterialverbrauchs auf einem der Roste den andern feuern. Solche Bedingungen sind aber nicht anwendbar. Dagegen ist der Anschlag des Herrn Grouvelle vollständig und genau; es ist aber die in der Kirche zu unterhaltende Temperatur zu hoch und die Commission war daher der Meinung, daß dem Project Grouvelle's der Vorzug vor den anderen gegeben werden müsse, daß es aber nöthig sei, ehe man über die Anschaffung des Apparates, sowie über die Heizung contrahire, eine genaue Prüfung des Anschlags und der Heizkosten vorzunehmen; daß endlich auch eine Temperatur von 13 bis 14 Grad für eine Kirche hinreichend sei.

2343. Die Wahl der Commission wurde aber nicht befolgt, sondern aus Rücksichten, deren Auseinandersetzung in der deutschen Bearbeitung zu platzraubend sein würde, nahm man den Entwurf des Herrn Duvoir-Leblanc mit allen seinen Bedingungen an.

Digitized by Google

Allgemeine Bemerkungen über die Heizung der Kirchen.

2344. Aus den hier mitgetheilten Thatsachen und aus den erlangten Erfahrungen geht hervor, daß die Heizung der Kirchen stets durch erwärmte Luft und in keinem Falle durch die strahlende Wärme bewirkt werden muß; diese allein ist daher ausführbar. Von allen erwärmten Kirchen ist nur eine, nämlich die von St. Roch, mit einer künstlichen Ventilirung versehen, bei allen übrigen hat der Mangel der letzteren durchaus keine Nachtheile; man darf daher annehmen, daß sie nicht nothwendig ist, da durch das so häufige Oeffnen der Thüren und die Undichtigkeiten der großen Fenster, endlich wegen der großen Luftmenge im Gebäude, welche für die wenigen Stunden des Kirchenbesuchs allein zur Lüftung hinreicht, stets eine natürliche Ventilation vorhanden ist. Dennoch wird es unter allen Bedingungen zweckmäßig sein, den Apparat so einzurichten, daß die in dem Ofen erwärmte Luft eben sowohl in der Kirche selbst, als auch außerhalb derselben aufgefangen werden kann. Eine solche Einrichtung erfordert übrigens nur wenige Anlagekosten mehr.

2345. Die Oefen können mit verbrannter Luft, warmem Wasser oder Dampf geheizt werden; im letzteren Fall erfordern sie aber eine besondere Beaufsichtigung und werden daher niemals angewendet. Es bleiben daher die beiden ersten Arten, von denen eine jede ihre eigenthümlichen Vortheile und Nachtheile hat. Die Heizung mit warmer Luft kostet weniger als die mit warmem Wasser, weil nur ein einziges Transmissionssystem stattfindet; die Feuerung erfordert nur geringe Sorgfalt, sobald man eine continuirliche Speisung anwendet. Die Wärme kann eben so gut benutzt werden wie bei den Warmwasserapparaten, und der Verlust in den Leitungen ist gering, wenn die Luft nur auf 40 bis 50 Grad erwärmt wird und wenn die Leitungsröhren nur eine mäßige Länge haben, welches die Anlage mehrerer Luftwärmröhren voraussetzt. Die Warmwasseröfen erfordern bedeutendere Anlagekosten; die Roste, selbst wenn sie nicht ununterbrochen gespeist werden, erfordern weniger Beaufsichtigung, und wenn man die vorwärts und rückwärtsgehenden Röhren in einer und derselben Leitung anbringt, so kann die Luft in einer großen Ausdehnung fast gleichförmig erwärmt werden. Ein einziger Ofen reicht für die größten Kirchen aus, allein die Wärmeverluste durch die Oberflächen der Luftleitungsröhren können weit bedeutender sein als bei den Warmluftöfen, weil die inneren Heizoberflächen mit Ausstrahlung der Röhren eine höhere Temperatur haben. Es sind demnach die Warmwasseröfen etwas bequemer, allein sie kosten mehr und benutzen die Wärme weniger gut, als die Apparate mit verbrannter Luft, wenigstens wenn diese letzteren gut angelegt sind.

2346. Nach der Meinung des Verfassers ist die zweckmäßigste Einrichtung die nachstehende, wobei zuvörderst vorausgesetzt wird, daß der Heizapparat ein Warmwasserofen ist. Ein Ziegelsteinkanal müßte unter der Achse des mittleren Schiffes angebracht werden; er würde die kleinen Circulationsröhren des warmen Wassers enthalten. An dem obern Theile dieses Canales würden eine gewisse Anzahl cylindrischer Oeffnungen angebracht sein, welche oben und in der Ebene der Sohle durch gußeiserne Gitter oder durchbrochene Platten verschlossen sein müßten. Eine jede dieser cylindrischen Oeffnungen müßte einen Warmwasserofen erhalten. In

Digitized by Google

den Achsen der Seitenschiffe müßte eine gleiche Anzahl von cylindrischen Oeffnungen vorhanden sein, und diese würden ebenfalls mittelst durchbrochener Platten verschlossen sein. In Folge dieser Einrichtung würde die warme Luft in der Mitte der Kirche emporsteigen und an den Seitenwänden wieder hinabgehen, um sich rings um den Ofen von Neuem zu erwärmen. Die horizontalen zurückgehenden Luftröhren müßten mit Registern versehen sein, um in den mittleren Canal nach Belieben äußere oder in der Kirche aufgefangene Luft einführen zu können. Die Oefen könnten durch weite, vor- und rückwärtsgehende Röhren, die in dem mittlern Canale angebracht sind, ersetzt werden. Die ersten Anlagekosten würden geringer und die Heizung regelmäßiger, allein der Wärmeverlust durch die Canalwände bedeutender sein, indem der Canal Luft von höherer Temperatur enthalten und seine innere Oberfläche durch die Ausstrahlung dieser weiten Röhren mehr erhitzt werden würde, als enge Röhren, welche die Circulation in den Oefen herstellen.

Die Heizung würde Nachts, Morgens und Abends, wenn die Kirche nicht besucht ist, ohne Ventilirung und die übrige Zeit mit Ventilirung bewirkt werden müssen. Die Oeffnungen in den Fenstern, die stets in den Gewölben vorhanden sind, ohne das häufige Oeffnen der Thüren zu rechnen, würden stets hinreichend sein, um die von den Oefen entwickelte warme Luft ausströmen zu lassen.

2347. Warmluftöfen müßten unter dem mittlern Schiff mehrere angebracht werden; jeder derselben müßte die warme Luft in Canäle ausgehen lassen, die an den Decken der Gewölbe angebracht wären; die warme Luft müßte durch gleiche Oeffnungen ausströmen, wie bei den Warmwasseröfen. Die Rückkehr der Luft, sowie das Ansaugen von außen würde auf dieselbe Weise bewerkstelligt werden. Die Rauchröhren könnten in denselben Canälen angebracht werden, welche die verbrannte Luft zur Esse führen.

2348. Um die Dimensionen der verschiedenen Theile des Apparates zu bestimmen, muß man wenigstens annähernd die Wärmemenge kennen, welche in die Kirche ausströmen muß, um die Wärmeverluste durch die Fenster und Mauern auszugleichen. Es ist dies mit Hilfe der im sechsten Buche entwickelten Formeln eine leichte Berechnung.

2349. Bei den stärksten Frösten und wenn das Wasser auf seine höchste Temperatur erwärmt wird, kann man auf keinen höhern Nutzeffect des Brennmaterials rechnen, als den von einem Generator erlangten, der 7 Kilogr. Dampf erzeugt, d. h. auf 4000 Wärmeeinheiten. Da man aber stets einen Theil der verlorenen Wärme zur Erhitzung der Luft benutzen kann, um die in die Kirche ausströmende Luft zu erwärmen, und da zu Anfang und zu Ende der Heizjahreszeit das Wasser weit weniger erwärmt ist, so kann man ohne Zweifel 5 bis 6000 Wärmeeinheiten erhalten. Rechnet man nur 5000, so würde der mittlere Verbrauch in der Stunde 9,05 Kilogr. und täglich im Durchschnitt 217 Kilogr. betragen. Zu diesem Verbrauch kommt noch der für die natürliche Ventilirung durch das so häufige Oeffnen der Thüren, die Undichtigkeit der Fenster und die Oeffnungen in den Gewölben, durch welche die Seile und Ketten zum Aufhängen der Kronleuchter führen. Wenn die Thüren doppelt und groß genug sind, so daß eine derselben stets geschlossen bleibt, reducirt sich die natürliche Ventilirung fast nur auf die Undichtigkeiten der in verschiedenen Höhen angebrachten Fenster und auf die Oeffnungen in dem Gewölbe; sie

Digitized by Google

kann aber je nach der Anzahl der Spalten in den Fenstern und der Oeffnungen in dem Gewölbe in sehr ausgedehnten Grenzen schwanken und es lassen sich daher in dieser Beziehung nur sehr unsichere Annahmen machen.

Die in der Kirche St. Roche zu Paris beobachtete Ventilirung durch Ansaugen betrug bei einer äußern Temperatur von — 4° und bei einer innern von 12°, d. h. bei einem Temperaturüberschuß von 16°, wie wir bereits sahen, ungefähr 11000 Kubikmet. Luft in der Stunde, und diese strömte durch alle freien Oeffnungen aus; die natürliche Ventilirung würde weit geringer sein, weil die Oeffnungen in zwei gleiche Theile, die einen für das Einströmen und die anderen für das Ausströmen, eingetheilt worden wären. Uebrigens würde diese Ventilirung um so größer gewesen sein, je geringer die äußere Temperatur war. Nimmt man sie im Durchschnitt zu 10000 Kubikmet. an, eine sehr übertriebene Annahme, sobald zweckmäßige Vorsichtsmaßregeln getroffen worden sind, so würde die entsprechende verlorene Wärmemenge in der Stunde 3120 und täglich 74800 Kubikmeter betragen, welche fast 15 Kilogr. Steinkohlen entsprechen. Es würde sich demnach der durchschnittliche tägliche Steinkohlenverbrauch auf $217 + 15 = 232$ Kilogr. belaufen. Wenn aber der Apparat hinreichen sollte, um die Temperatur während der kältesten Zeit zu erhalten, die in dem Klima des mittlern Frankreich selten mehrere Tage nach einander anhält, so müßte die Oberfläche des Kessels und der Heizröhren für einen Verbrauch berechnet werden, der einem Temperaturüberschuß von $10 — (— 6) = 16$ entspricht, d. h. $4 \times 232 = 928$ Kilogr. täglich, oder stündlich 38,66 Kilogr.; rechnet man auf 40 Kilogr., so müßte man dem Kessel 17 bis 18 Quadratmeter geben. Was nun die Oberflächen der Röhren oder Warmwasseröfen betrifft, wenn der Brennmaterialverbrauch derselbe als der zu St. Roch beobachtete ist, und wenn man den Drucküberschuß zu zwei Atmosphären rechnet, so würde die mittlere Temperatur in den Circulationen gleich 111 Grad sein. Die mittlere Temperatur der Luft würde $\frac{10 + 38}{2} = 24$, der Temperaturüberschuß des Wassers über die der Luft $111 — 24 = 87$ sein; jedes Quadratmeter würde fast $\frac{933 \times 87}{90} = 902$ Kubikmet. betragen, und da etwa 160000 Wärmeeinheiten mitzutheilen sind, so müßte man auf fast 180 Quadratmeter Transmissionsoberfläche rechnen. Man müßte auch wie zu St. Roch 3 bis 4 Met. Niveauunterschied haben. Die Ein- und Ausströmungsöffnungen müßten, damit die Luft keine zu große Geschwindigkeit erlangt, zusammen mit den zurückgehenden Röhren fast 3 Meter Querschnitt haben, welches fast einer Geschwindigkeit von 1 Meter entspricht.

2350. Wenn die Heizung mit verbrannter Luft bewirkt würde, so könnte man auf eine durch das Quadratmeter und in der Stunde transmittirte Wärmemenge von wenigstens 3000 Einheiten rechnen.

Bei allen diesen Berechnungen haben wir die Wärmeverluste durch das Gewölbe und den Boden unberücksichtigt gelassen, sie sind aber sehr gering.

Digitized by Google

Fünftes Capitel.

Heizung und Ventilirung der Gefängniſſe.

Es ſoll nun nach dem von dem Verfaſſer befolgten Plane zuvörderſt von den angewendeten Einrichtungen, dann von den gemachten Erfahrungsreſultaten und endlich von den Einrichtungen geredet werden, die in den verſchiedenen Fällen die zweckmäßigſten zu ſein ſcheinen.

Das Gefängniß Mazas.

2351. Im Jahre 1843 wurde durch den Präfecten des Seine-Departements eine Commiſſion zur Prüfung der Entwürfe zur Heizung und Ventilirung dieſes Zellengefängniſſes von den Herren Grouvelle und Leon Duvoir-Leblanc berufen; zu dieſer Commiſſion gehörte auch der Verfaſſer dieſes Werkes. Eine Abtheilung der Commiſſion ſollte ſich mit der Ventilirung und mit der zweckmäßigſten Einrichtung der Abtritte, ſo wie auch mit der Beſtimmung der für jeden Gefangenen erforderlichen Luftmenge, eine andere Abtheilung der Commiſſion aber mit der Unterſuchung der von den beiden Concurrenten eingelieferten Entwürfe zur Heizung und Ventilirung beſchäftigen.

2352. Zu jener Zeit hatte man ſich über die Conſtruction des Gefängniſſes noch nicht geeinigt. Nach den Riſſen ſollte es aus ſechs Flügeln, die radienartig von einem gemeinſchaftlichen Centrum ausgingen, beſtehen; die Flügel ſollten etwa $^2/_3$ von dem ganzen Umfange einnehmen und das Ganze mit einer Mauer umgeben ſein. Jedes Gebäude ſollte durch einen großen Corridor, welcher von gleicher Länge wäre und ſich bis zum Dach erhöbe, in gleiche Theile getheilt werden, ſowie jeder Flügel mit Einſchluß des Erdgeſchoſſes drei Stockwerke enthalten. In der erſten und zweiten Etage ſollten Balkons und in dem Winkel zwiſchen dem erſten und ſechſten Flügel des Gefängniſſes das Directorialgebäude angebracht werden. Dieſe allgemeine Beſchreibung wird hinreichend ſein, um die Grundſätze aufzufaſſen, nach denen die concurrirenden Pläne aufgeſtellt worden waren.

2353. Der Entwurf des Herrn Grouvelle wurde angenommen und ausgeführt, und ſeine Apparate ſtehen ſeit 1850 in Anwendung. Wir könnten uns daher eigentlich auf die Beſchreibung dieſes Apparates beſchränken; allein da der Apparat von Duvoir-Leblanc in mehreren anderen Zellengefängniſſen angewendet worden iſt, und es ſich hier um eine Sanitätsfrage handelt, die Gefangenen ſich aber nicht beklagen können, ſo iſt ſie hier von dem Verfaſſer discutirt.

Auszug aus dem Bericht der Commiſſion über die Unterſuchung der Entwürfe.

2354. Es wurde, wie ſchon geſagt, das Project des Civilingenieurs Grouvelle ſowohl von den Architekten des Gefängniſſes als auch von

Digitized by Google

dem Generalrath des Seinedepartements angenommen. Das zweite Project von Leon Duvoir concurrirte mit dem ersten und wurde sehr günstig beurtheilt. Der Verfasser hat beide Entwürfe so genau als möglich untersucht.

Beschreibung des von Herrn Duvoir-Leblanc vorgeschlagenen Heiz- und Ventilirungssystems.

2355. Die Heizung. — Das Heizungssystem Duvoir's beruht auf der Circulation des warmen Wassers, wie dies bei allen Apparaten dieses Feuerbaumeisters der Fall ist. Der Druck im Kessel sollte zwei Atmosphären erreichen. Die Heizapparate des Herrn Duvoir bestehen in sechs Kesseln seiner eigenen Erfindung und sind in dem Kellergeschoß der Rotunde oder des Mittelgebäudes angebracht; für jeden Flügel des Gebäudes ist ein Kessel bestimmt, während ein siebenter das Directorialgebäude heizen soll.

2356. Sämmtliche Zellen eines Flügels werden mit der Luft erwärmt, die in dem Corridor aufgefangen und in die Zellen eingeführt wird. Zur Heizung sind in einem Canal des Corridors und seiner ganzen Länge nach acht gleich weit von einander entfernte Warmwasseröfen angebracht; diese Oefen stehen durch gußeiserne Röhren mit einander in Verbindung, durch welche das Wasser circulirt, indem es von dem höchsten Punkte des Kessels ausgeht, um kalt nach seinem untersten Theil zurückzukehren; sämmtliche Apparate werden, wie schon bemerkt, von einem Kessel bedient. Die Temperatur des Wassers hängt von der innern Temperatur und von der Menge der zu liefernden Ventilationsluft ab. Die von den mit dem Aeußern in Verbindung stehenden Oeffnungen angesaugte Luft strömt in den Canal, welcher unter dem Corridor vorhanden ist, erwärmt sich durch ihre Berührung mit den Röhren und den Warmwasseröfen und verbreitet sich in der Umgebung von acht Wärmeöffnungen, welche acht Oefen entsprechen. Die auf diese Weise erwärmte Luft des Corridors wird alsdann durch Ansaugen in die Zellen verbreitet und zwar auf eine weiter unten anzugebende Weise. Da in Folge des Verfahrens bei der Heizung der Luft auf den Corridoren in denselben keine gleichförmige Temperatur herrschen kann, so ist eine jede der Zellen des Erdgeschosses mit einer besondern Wärmeöffnung versehen, die mit dem Warmluftcanal des Corridors in Verbindung steht.

2357. Die Rotunde wird zum Theil von dem Rauch der Kesselöfen erwärmt, der unter gußeisernen Platten durchströmt, die am äußern Umfange dieses Raumes angebracht sind; außerdem ist in der Mitte der Rotunde ein Warmwasserofen angebracht. Die übrigen Säle des Erdgeschosses werden durch Warmwasseröfen und durch Wärmeöffnungen, welche die durch Berührung mit den Circulationsröhren erwärmte Luft entwickeln, geheizt.

2358. Die Ventilirung im Winter. — Die drei Entwürfe, die Herr Duvoir nach und nach vorgebracht hat, haben viele gemeinschaftliche Einrichtungen und unterscheiden sich nur durch die Mittel zum Ansaugen der Ventilirungsluft. In allen Entwürfen wird die Vertreibung der Luft aus den Zellen und den Theilen des Erdgeschosses, in der Ebene der Sohle durch Canäle bewirkt, die unter den Rosten der Kesselöfen ausströmen. Die Vertreibung der Luft aus den Zellen in den oberen Etagen

Digitized by Google

wird dagegen durch Oeffnungen an der Decke bewirkt; zu dem Ende befindet sich in jeder Zelle eine senkrechte Esse mit quadratischem Querschnitt von 0,12 Met. Seite. Alle diese Essen stehen mit einer Reihe runder Blechröhren von 0,13 Met. Durchmesser in Verbindung, die in horizontaler Richtung zu den allgemeinen Lüftungsessen gehen.

2359. Allgemeine Methode des Ansaugens. — Erster Entwurf. — Der erste Entwurf wurde bereits im Jahre 1841 gemacht und enthält nur eine Esse für jeden Flügel. Diese an dem einen Ende angebrachte Esse, welche den Rauch der Kesselöfen in den Kellern aufnimmt, soll nur das Ansaugen der Luft der oberen Etagen der Zellen bewirken, da die Verbrennungsprodukte eine hohe Temperatur in denselben enthalten. Zwei Verbindungscanäle stehen mit dieser Esse in Verbindung und ein jeder nimmt die der doppelten Zellenreihe zu beiden Seiten des Ganges entsprechenden Röhren auf.

2360. Zweiter Entwurf. — Bei diesem wird die Ventilirung der Zellen in der ersten und zweiten Etage eines jeden Gebäudes durch zwei Essen bewirkt, die 4,50 Met. hoch, in dem Dache angebracht und unabhängig von der Esse sind, die zum Ansaugen des Rauchs von den Kesselöfen dient. Jede Esse enthält einen Warmwasserbehälter von 66 Quadratmet. Heizoberfläche. Die durch die Berührung mit diesem Apparat erwärmte Luft unterhält in dieser Esse eine hinreichend hohe Temperatur, um ein lebhaftes Ansaugen der Luft aus den Zellen zu bewirken. Die mit den Essen in den Zellen in Verbindung stehenden Röhren, die horizontal in den Decken angebracht sind, gelangen in einen ringförmigen Raum, welcher den Warmwasserbehälter umgiebt; diese Blechröhren sind mit Schlüsseln versehen, um die Ventilirung unterbrechen und die Heizung in den unbesetzten Theilen des Gebäudes aufhalten zu können. Die Warmwasseröfen in den Saugessen sollen mittelst der Kessel in dem Keller erwärmt werden. Das Circulationswasser, welches nach dem obern Theil des Gebäudes strömt, gelangt nach dem Kessel zurück, nachdem es die beiden Ventilirungsöfen durchströmt hat und zu den Röhren und Oefen zurückgekommen ist, die unter dem Gange des Erdgeschosses angebracht sind.

2361. Dritter Entwurf. — Dieser ist von dem vorhergehenden nur dadurch verschieden, daß in dem Dach zur Heizung der Warmwasseröfen ein besonderer Herd angebracht ist. Durch diese Einrichtung wird der Anschlag des zweiten Projects um 30000 Frcs. geringer gestellt.

2362. Luftcirculation in den Zellen. — Die warme Luft strömt aus dem Gange vor den Zellenreihen durch den obern Theil ein, während die in den Zellen befindliche Luft durch doppelte Oeffnungen am Boden ausströmen kann. Ein Theil der Luft läuft zuvörderst horizontal unter dem Boden der Zelle und dringt in den Kasten, welcher das Nachtgeschirr enthält, umgiebt das letztere und entweicht durch eine senkrechte Esse, die mittelst einer horizontalen Leitung zu der allgemeinen Lüftungsesse gelangt. Die zweite Oeffnung für das Ausströmen der Luft befindet sich in der Nähe der ersten; nachdem die Luft einen kleinen horizontalen Canal unter dem Boden der Zelle durchströmt hat, geht sie in den Corridor unter einem von den Gängen oder Balkonen aus; die Oberfläche der beiden Ausgangsöffnungen für den Austritt der Luft ist gleich dem Querschnitt der Eintrittsöffnung. Es würde demnach eine ununterbrochene Luftcirculation aus dem Corridor in die Zellen und aus diesen in jenen stattfinden,

Digitized by Google

und zwar würde dies in Folge der Temperaturdifferenz der Luft in weiten Räumen und in Folge des Ansaugens der Esse bewirkt werden. Es erfolgt daher, wie schon bemerkt, die Ventilirung des Erdgeschosses, der Gänge, Zellen, Rotunden u. s. w. durch den Aschenkasten der in dem Keller befindlichen Heizapparate; die aus den Zellen angesaugte benutzte Luft circulirt um das Nachtgeschirr, ehe sie durch eine Leitung, die von dem Boden ausgeht und sich unter die Herde in den Kellern begiebt, entweicht. Die senkrechte Esse in den Zellen wird während des Winters abgeschlossen.

2363. Kloaken. — Am Ende einer jeden Zellenetage befindet sich eine Kloake, in welchem die Nachtgeschirre ausgegossen werden, und zwar mittelst einer Röhre, die unten in ein Faß ausläuft, welches in dem Erdgeschoß steht und in welchen die Excremente gesammelt werden. Der die Kloake enthaltende Raum ist in zwei Abtheilungen getheilt, von denen jede eine Thür, so wie am obern Theil einen äußern Luftfang hat. Die angesaugte Luft geht zuvörderst mittelst des einem jedem Stockwerk entsprechenden Trichters nieder zu der Theilung und steigt alsdann fast unmittelbar in einer Saugesse auf, in welcher durch die Warmwasserröhre ein starker Zug hervorgebracht wird, der nach dem Dache geht.

2364. Die Ventilirung im Sommer. — Die Ventilirung der Gänge vor den Zellen erfolgt durch ein Ansaugen am obern Theile, wo alsdann mehrere Oeffnungen aufgeschlossen werden, deren gesammter Querschnitt 1,39 Quadratmet. beträgt; während des Winters bleiben diese Oeffnungen verschlossen.

Das Ansaugen der äußern Luft wird durch Röhren von Zinkblech oder Mauerwerk stattfinden, die im Innern der Keller angebracht sind und in den Längencanal des Corridors auslaufen.

2365. Herr Duvoir macht den Vorschlag, diese Leitungen mit Eis zu umgeben, um die einströmende Luft zu erfrischen. Die Ventilirungsluft strömt aus dem Corridor durch Oeffnungen am Boden in die Zellen, und das Ausströmen der Luft aus denselben erfolgt durch senkrechte Essen, die auf das Dach gehen und die im Erdgeschoß im Winter, wenn das Ansaugen durch den Ofen erfolgt, verschlossen werden. Die in der Esse angebrachten Warmwasserbehälter veranlassen das allgemeine Ansaugen. Wie schon bei dem zweiten Entwurf bemerkt wurde, wird dieses Wasser durch eine von dem Ofen ausgehende aufsteigende Röhre erwärmt. Beim dritten Entwurf sind die Verbindungen dieser Oefen bei den Kesselöfen in den Kellern weggelassen, und es wird jeder Behälter, der im Dach angebracht ist, erwärmt. Man bringt alles Brennmaterial, welches zur Erwärmung des Wassers im Ventilirungsofen bestimmt ist, auf einmal ein.

2366. Anlagekosten der Apparate. — Die Veranschlagung des ersten Entwurfes erhob sich auf 150000 Frcs., der Anschlag des zweiten betrug 223434 Frcs.; bei dem dritten Entwurf macht sich Herr Duvoir verbindlich, seine Apparate für die Summe von 193434 Frcs. vorzurichten.

Diese Heizung sollte sieben Monate im Jahre dauern, die Oefen aber nur während 12 Stunden gefeuert werden. Während der Nacht würden Heizung und Ventilirung in Folge des Temperaturüberschusses, den das Wasser lange Zeit nach Abgang des Feuers behält, fortdauern.

Digitized by Google

2367. Koſten der Heizung und Ventilirung. — Herr Leon Duvoir verpflichtet ſich, die Heizung und Ventilirung 12 Jahre lang unter folgenden Bedingungen zu übernehmen:

2368. Heizung und Ventilirung im Winter. — Am Tage würde die in der Stunde angeſaugte Luftmenge 129000 Kubikmet betragen, welches einer Ventilirung von 50 Kubikmet. für die Zelle und in der Stunde entſpricht. Dieſe Luft würde in den Zellen auf einer Temperatur von 15° erhalten werden. Nachts, nach dem Aufhören des Feuerns, würde die Ventilirung auf die Hälfte zurückgehen.

Die Koſten für Heizung und Ventilirung ſollten jeden Tag 78 Frcs. betragen; wollte man die Ventilirung vermindern, ſo würde die Verminderung der Koſten 0,03 Frcs. auf 1000 Kubikmet. Luft, auf 15° erwärmt, entſprechen. Die Ventilirung im Sommer würde mit Einſchluß der durch die Röhren in den Kellern zurückgeführten Luft 0,01 Frcs. auf 1000 Kubikmet. angeſaugter Luft betragen; folglich würde die Ventilirung mit 120000 Kubikmet. in der Stunde 23 Frcs. koſten.

Die Unterhaltungskoſten der Apparate während der zwölf Jahre ſind bei den beiden erſten Entwürfen zu 500 Frcs. angenommen worden.

2369. Neue Vorſchläge des Herrn Duvoir. — Derſelbe erklärte der Commiſſion, daß er außer den oben vorgeſchlagenen und mit Anſchlägen verſehenen Projecten noch ein anderes Syſtem der Zellenheizung habe, welches er aber nur mündlich erläutert hat. Die erſte Abänderung würde darin beſtehen, die Zellen des Erdgeſchoſſes und der obern Etagen durch in den Mauern angebrachte und von der Sohle des Corridors ausgehende Canäle direct zu heizen; bei dieſem Syſtem würde jede Verbindung der Luft mit dem Corridor wegbleiben. Die zweite Abänderung würde in einer directen Heizung der Zellen durch die angegebenen Mittel beſtehen, während der Corridor durch die Circulation der Luft in den Zellen erwärmt werden würde.

2370. Bemerkungen über den Entwurf Duvoir's. — Die Commiſſion fand vor allen Dingen die Entwürfe Duvoir's zu verwickelt. Es ſollen die Zellen des Erdgeſchoſſes direct durch warme Luftſtröme aus den Oefen und zu gleicher Zeit durch die Luft von den Corridoren erwärmt werden, während die Heizung der Zellen in der erſten und zweiten Etage nur durch die Circulation der Luft in den Corridoren erfolgt. Die Zellen im Erdgeſchoß, ſowie die Gänge werden durch die Keſſelöfen ventilirt, während die übrigen Zellen durch beſondere Lüftungsöfen, durch Warmwaſſeröfen geheizt, gelüftet werden. Im Sommer iſt die Ventilirung im Erdgeſchoß verſchieden von der im Winter; ſie wird durch kleine Eſſen bewirkt, die verſchloſſen werden, wenn das Anſaugen der Luft durch ihr Zurückſtrömen zu dem Roſt erfolgt.

2371. Die vorläufige Erwärmung der Corridore, ſicher mit einer höhern Temperatur als die der Zellen, ſcheint eine ſchlechte Einrichtung zu ſein; denn die Corridore dienen nur zum Durchgange für die Wärter und bedürfen keiner ſo ſtarken Heizung als die Zellen, und dies iſt um ſo mehr zu berückſichtigen, da durch das Gewölbe und durch die großen Fenſter, welche am Ende der Corridore angebracht ſind, ein ſehr bedeutender Wärmeverluſt ſtattfinden wird.

Die directe Heizung der Corridore durch unter dem Boden angebrachte Oefen muß nothwendig eine geſteigerte Temperatur von unten nach oben

Digitized by Google

hervorbringen, und die Heizung der Zellen durch Circulation der Luft durch die Corridore würde ebenfalls eine verschiedene Temperatur veranlassen, die sich unmöglich vorher bestimmen läßt. Duvoir versichert zwar, daß die Temperaturzunahme des Corridors 4 Grad nicht erreichen würde; allein dieser Unterschied würde die Temperatur der Luft in der Höhe der Decke der zweiten Etage auf 19 Grad bringen. Duvoir behauptet auch, daß der Temperaturunterschied zwischen der Luft in den Zellen und der in den Corridoren durch Vermehrung der Anzahl und durch größere Oberfläche der Verbindungsöffnungen nur 2 Grad betragen würde; allein es müssen die Dimensionen dieser Oeffnungen vor der Construction der Zellen bestimmt werden, während es an einer Basis zur Berechnung dieser Oeffnungen fehlt.

Dieses Circuliren der Luft aus dem Corridor in die Zellen und aus diesen in jenen würde das Nachtheilige haben, die verdorbene Luft in Circulation zu setzen, eine weit stärkere Ventilirung zu erfordern und einen Gefangenen in den Stand zu setzen, die Luft zu verderben.

2372. Der neue Entwurf Duvoir's, wonach die Zellen durch die warme Luft von Oefen, die durch Canäle in den Wänden einströmt, erwärmt werden sollen — ein Entwurf, den er der Commission nur mündlich entwickelt hat —, würde ohne Zweifel eine sehr ungleiche Temperatur in den Zellen jeder Etage veranlassen.

Läßt man aber alle angegebenen Nachtheile bei Seite, so scheint der Commission die Duvoir'sche Heizung weniger vortheilhaft als diejenige, bei welcher die Ventilirungsluft durch eine einzige Oeffnung am Boden ausströmt, indem sich bei dieser Einrichtung der Gefangene die Füße in dem warmen Luftstrom erwärmen kann.

2373. In dem ersten Entwurfe Duvoir's wird das Ausströmen der Luft aus den Zellen durch Röhren bewirkt, welche bis zum obern Theile der Ofenesse laufen. Diese Einrichtung würde offenbar so geringe und so verschiedene Wirkungen haben, daß es nicht erforderlich ist, von ihrer Unzulänglichkeit weiter zu reden. Bei dem dritten Entwurf wird die Ventilirung der Zellen in der ersten und zweiten Etage durch 12 von den Decken ausgehende Essen bewirkt, in welche die Ausströmungsröhren der Luft aus den Zellen auslaufen und von denen eine jede einen Warmwasserofen erhält, der von einem innern Herde aus gefeuert wird. Diese Einrichtung, bei welcher 18 Herde zu unterhalten sind, von denen 12 auf dem Boden und nicht unter einander in Verbindung stehen, erfordert zu viel Arbeit und Beaufsichtigung, auch könnte sie zu leicht Veranlassung zu Feuer geben, als daß sie zu benutzen wäre.

2374. Das zweite Project endlich, das einzige, welches der Commission der Berücksichtigung werth erschien, unterscheidet sich von dem dritten nur durch die Art der Ofenheizung. Das Wasser wird in den Kesseln gesiedet, welche sich in den Kellern der Rotunde befinden. Bei diesem, sowie bei dem dritten Entwurf, erfolgt die Ventilirung der Zellen im Erdgeschoß, die ihres Ganges durch die Ofenherde und die der anderen Etagen durch Essen, welche Warmwasseröfen enthalten. Wir wollen beide Arten der Lüftung nach einander untersuchen.

2375. Die Lüftung durch die Warmwasseröfen. — Das Ansaugen der warmen Luft hat den unleugbaren Vortheil, einen sehr regelmäßigen Zug zu veranlassen, wenn das Wasser auf einer fast constanten

Digitized by Google

Temperatur erhalten wird, auch den Zug nach dem Abgang des Feuers fortzusetzen, jedoch mit einer Wirkung, die sich mit der Temperatur des Wassers vermindert. In den Saugessen, welche direct mittelst Rosten gefeuert werden, auf die in gleichen Zwischenräumen gleiche Brennmaterialien gelangen, giebt es sicher Veränderungen des Zuges, die periodisch wieder erscheinen, allein diese Veränderungen sind unbeträchtlich, denn die Geschwindigkeit der angesaugten Luft zeigt selbst bei bedeutenden Temperaturunterschieden in der Esse nur geringe Schwankungen. Uebrigens sind die Veränderungen ohne Wichtigkeit, denn niemals wird die Größe der Ventilirung mit so großer Genauigkeit bestimmt, daß selbst eine bedeutende periodische Veränderung Einfluß auf die Gesundheit haben könnte.

2376. Was nun die Continuität der Heizung während der Nacht betrifft, welche von den Warmwasseröfen bewirkt wird, so kann man dieselbe in den gewöhnlichen Saugessen dadurch erlangen, daß man die Essen auf 7 bis 8 Stunden mit Brennmaterial versieht.

Es haben daher die Warmwasseröfen keinen andern Vortheil gegen die gewöhnlichen Lüftungsherde, als daß sie weniger Sorgfalt bedürfen, dagegen den Nachtheil, sehr große Heizoberflächen zu erfordern. Zur Lüftung der Zellen in der ersten und zweiten Etage sind nach dem System des Herrn Duvoir wenigstens 800 Quadratmet. Heizoberfläche erforderlich, ungerechnet der Kessel zum Sieden des Wassers und der Leitungsröhren; diese Oberfläche ist es auch, die wir in dem Entwurf finden.

Die Kosten dieser Oefen mit den Circulationsröhren und den Essen betragen nach dem Anschlage 36000 Frcs., wozu noch die Siedekessel kommen. Die Commission findet, daß der Vortheil dieser Ventilirungsmethode zu theuer bezahlt ist.

2377. Uebrigens wird in der von Herrn Duvoir angegebenen Einrichtung die Wärme weit weniger benutzt werden, als in einer Lüftungsesse mit besonderm Herde, indem auf dem Wege des Warmwassers von den Kesseln zu den Oefen und umgekehrt, zumal da die von den Decken ausgehenden Essen nur eine geringe Höhe haben können, ein bedeutender Wärmeverlust stattfindet. Zwar würde bei der Anwendung einer einzigen Lüftungsesse die Luft abwärts gehen müssen, allein der Verlust würde durch die Höhe, die man einer von der Sohle ausgehenden Esse geben kann, sowie durch den Temperaturüberschuß, den die Luft annimmt, mehr als ersetzt werden.

2378. Wir fügen hinzu, daß die Vortheile, welche die Warmwasseröfen haben könnten, in dem Duvoir'schen Project nicht verwirklicht worden sind; denn das aus den Kesseln ausströmende warme Wasser gelangt zuvörderst in die Oefen der Lüftungsessen und dann in die Oefen unter dem Boden der Gänge. Es wird demnach die Temperatur in allen Oefen, die in gleicher Richtung liegen, verschieden und folglich die Ventilirung in der Kälte sehr bedeutend und im entgegengesetzten Falle sehr gering sein. Herr Duvoir will deshalb im Sommer zur verstärkten Ventilirung einen Kessel mehr feuern.

2379. Lüftung durch die Kesselöfen. — Die Ventilirung der Zellen im Erdgeschoß durch die Aschenfälle der Oefen veranlaßt nur eine geringe Ersparung, die kaum 20 Kubikmet. Luft auf das Kilogr. verbrannter Steinkohlen entspricht; alle übrigens aspirirte Luft erfordert eben so viel Wärme zu ihrer Heizung, als wenn sie von einem besondern

Digitized by Google

Herde angesaugt worden wäre. Es hat aber diese Einrichtung den großen Nachtheil, in einem einzigen Herd Heizung und Ventilirung hervorzubringen, so daß beide Wirkungen gleiche Richtungen haben; bei dieser Art von Lüftung steigt und fällt dieselbe mit der Heizung.

2380. Kosten der Heizung und Ventilirung. — Duvoir will alle Räume in dem Gebäude auf einer Temperatur von 16° erhalten und eine Ventilirung von 129000 Kubikmet. Luft in der Stunde am Tage und während der Nacht die Hälfte liefern; er beansprucht dafür 78 Frcs. 7 Monat hindurch.

Der Constructeur hat nachgewiesen, daß er zur Ausgleichung des Wärmeverlustes durch die Fenster und Mauern in der Stunde 58 Kilogr. Steinkohlen verbrennen müsse, und daß, um 129000 Kubikmet. Luft auf einer mittleren Temperatur von 15 Grad zu erhalten, 45 Kilogr., zusammen also 102,33 Kilogr. erforderlich seien; der tägliche Brennmaterialverbrauch ist nicht weiter angegeben. Nimmt man aber an, daß 12 Stunden lang gefeuert wird, und daß der Wärmeverlust in der Nacht 4 Mal kleiner als am Tage ist, so betragen die Ausgaben, ohne die für die künstliche Ventilirung zu rechnen, 75 Frcs., welches wenig verschieden vom Ansatze ist.

Herr Duvoir nimmt an, daß die Temperatur der Luft rings um die Wasseröfen 90 Grad betrage, so daß also der Temperaturunterschied zwischen der Luft in den Zellen und der ihrer nächsten Umgebungen 75 Grad ist, und dieses sei hinreichend, um während 17 Stunden 12 Minuten, welche die Heizung dauert, eine gute Ventilirung hervorzubringen. Die Kosten für die Ventilirung würden daher noch sehr bedeutend sein, da die obigen Angaben des Herrn Duvoir offenbar zu hoch sind.

2381. Ein offenbarer Beweis, daß sich Herr Duvoir nicht vollständige Rechenschaft von den Kosten der Ventilirung gegeben hat, besteht darin, daß er für 1000 Kubikmeter Luft, einschließlich der Heizung, nur 3 Centimes verlangt. Es ist aber ganz klar, daß die Ausgaben für die vereinigte Heizung und Ventilirung nicht allein im Verhältniß der letztern stehen können, da der Wärmeverlust durch die Fenster und Mauern unabhängig von der angesaugten Luftmenge ist und weil man bei den wohlfeilsten Kohlenpreisen für 3 Centimes 1000 Kubikmeter Luft nur auf etwa 5° erwärmen kann.

2382 u. 2383. (Der deutsche Bearbeiter läßt die Discussion in diesen beiden Paragraphen weg, da sie durchaus kein Interesse für den deutschen Leser haben; die Paragraphen-Zahlen müssen aber fortlaufen.)

2384. Kurz, die Mängel, welche die Commission bei dem Entwurf Duvoir's gefunden hat, bestehen hauptsächlich in der Art der Heizung der Zellen, wobei die verdorbene Luft in Circulation versetzt wird; und in einer Ventilirung, welche weder ein constantes Ansaugen, noch ein Messen ihrer selbst gestattet. Da nun diese Mängel eine Folge der Heiz- und Ventilirungsvorrichtungen sind, so können sie nur durch eine gänzliche Veränderung des vorgeschlagenen Systems vermieden werden.

2385 bis 2389. (Auch die nun in unserm Original folgenden Verhandlungen in einer Hauptversammlung der beiden Abtheilungen der Commission bleiben hier als von zu geringem Interesse für unsere deutsche Bearbeitung weg.)

Digitized by Google

2390. Die Commission ist der Meinung, daß die Behauptungen und Ansprüche des Herrn Duvoir auf die Vorzüge seines Heiz- und Ventilirungssystems vollkommen widerlegt sind; sie fassen aber am Schluß des Berichtes ihre Meinung in die folgenden wenigen Sätze zusammen:

Der Heiz- und Ventilirungsapparat eines Zellengefängnisses muß den folgenden beiden wesentlichen Bedingungen entsprechen:

1) Die Ventilirung einer jeden Zelle muß mit reiner Luft bewirkt werden.

2) Die Apparate müssen eine solche Einrichtung haben, daß eine zweckmäßige Ventilirung möglich ist, daß dieselbe von dem Heizer leicht regulirt und von der Verwaltung controlirt werden kann.

Nun sollen aber bei allen Entwürfen Duvoir's die Zellen mit verdorbener Luft ventilirt werden; Heizung und Ventilirung will er durch dieselben Herde bewirken, wodurch eine regelmäßige Ventilirung nicht erzielt werden kann. Die verdorbene Luft entweicht durch achtzehn Essen, weshalb die tägliche genauere Bestimmung der Ventilirung unmöglich wird. Da nun alle die Mängel nur durch eine vollständige Veränderung bei dem Verfahren der Heizung und Ventilirung vermieden werden können, so erkennt die Commission die Ausführung der Duvoir'schen Projecte für unzweckmäßig.

Versuche der zweiten Abtheilung der Commission.

2391. Die Versuche wurden in einer Zelle des Conciergeriegefängnisses zu Paris angestellt, und es wurde zuvörderst die Zusammensetzung und die hygrometrische Beschaffenheit der Luft untersucht. Die Fugen in Thüren und Fenstern wurden sorgfältig verschlossen. Die Luft wurde außerhalb mittelst eines Ofens erwärmt, und man ließ dieselbe durch eine Oeffnung in fast 1 Met. Höhe einströmen. Die Luft wurde durch eine äußere Röhre angesaugt, in welcher mehrere brennende Kerzen befindlich waren. Der untere Theil dieser Röhre war mit einem Register versehen, durch welches man die Ventilirung reguliren konnte. Die Saugröhre stand mit dem untern Theile eines Nachtstuhles in Verbindung, dessen Deckel mit vielen Oeffnungen versehen war. Die Ausströmungsgeschwindigkeit wurde mittelst eines Anemometers von Combes gemessen, und die Versuche, zehn Stunden hinter einander fortgesetzt, ergaben nachstehende Resultate.

2392. Vertreibung des Geruchs. — Wiederholte Versuche haben gezeigt, daß bei den angenommenen Einrichtungen 6 Kubikmet. Luft in der Stunde unzureichend waren, um die Atmosphäre in den Zellen frei von jedem unangenehmen Geruch zu machen. Dagegen waren 10 Kubikmeter vollkommen hinreichend. Es wurde dabei auch gefunden, daß die Nachtgeschirre immer mit Wasser angefüllt gehalten werden müssen, da die festen Excremente stets einen sehr schlechten Geruch verbreiten.

2393. Chemische Beschaffenheit der Luft. — Eine Zelle wurde längere Zeit hindurch in Verbindung mit der äußeren Luft gehalten und dann verschlossen, so daß man in ihrem Innern das Vorhandensein von reiner Luft voraussetzen konnte. Der Verschluß dauerte zehn Stunden, $2\frac{1}{2}$ Stunden brannte eine Kerze, welche natürlich Kohlensäure erzeugte. In den ersten zwei Stunden ließ man weniger als 10 Kubikmet. frische Luft einströmen, die übrigen acht Stunden aber 10 Kubikmeter.

Digitized by Google

2394. Der Heizapparat konnte die Temperatur der Zelle von 3,5 bis 11,5 Grad erwärmen und diese Temperatur ziemlich gleichmäßig erhalten. Anfänglich empfand der Beobachter eine geringe Uebelkeit, eine nothwendige Folge der unzureichenden Ventilation; allein als später 10 Kubikmet. in der Stunde einströmten, verlor sich dieselbe sehr bald. Der Gehalt an Kohlensäure belief sich auf 33 Zehntausendtheile, also mehr als das Vierfache des Kohlensäuregehaltes bei einem Normalzustande der Luft.

2395. Hygrometrische Beschaffenheit der Luft. — Zu Anfange des Versuches war die Wärme der äußern Luft zwei Grad und das Psychrometer gab für die hygrometrische Beschaffenheit 0,75 an. Jedes Kubikmeter Luft enthielt daher 4,2 Gramm Wasserdampf. In der Zelle war die hygrometrische Beschaffenheit = 0,80 bei einer Temperatur von 3,5 Grad. Jedes Kubikmeter enthielt daher 5,2 Gramm Wasserdampf. Nach Verlauf von einigen Stunden einer schwachen Ventilation belief sich die hygrometrische Beschaffenheit auf 0,73 bei einer Temperatur von 10 Grad. Die Menge der Wasserdämpfe im Kubikmeter betrug daher 7,3 Gramm. Am Ende des Versuchs war die hygrometrische Beschaffenheit = 0,76 bei einer Temperatur von 11,5 Grad und die Wasserdämpfe in dem Kubikmeter betrugen daher 7,9 Gramm. Wir ersehen hieraus, daß sich die hygrometrische Beschaffenheit im Innern der Zelle bei einer Ventilation von 10 Kubikmet. wenig verändert hat.

Untersucht man nun diese Resultate und berücksichtigt, daß die äußere Temperatur niedrig war, so erkennt man sehr leicht den Einfluß, den die Transpiration auf die hygrometrische Beschaffenheit der Luft ausgeübt hat, da die Feuchtigkeit nothwendig vermindert werden müßte, wenn die Zelle unbewohnt bliebe. Die zu dem Versuch angewendete Zelle hatte mit Oelfarbe angestrichene Wände. In boisirten oder mit Zeug- oder Papiertapeten bekleideten Zimmern erleidet die hygrometrische Beschaffenheit nur einen höchst geringen Unterschied, wie vielfältige Versuche deutlich bewiesen haben.

2396. Als Hauptfolgerungen dürfen wir das Nachstehende annehmen: 1) daß die Ventilirung als das Hauptmittel zur Verbesserung der Luft angenommen werden muß; 2) daß auf jeden Gefangenen und jede Stunde wenigstens 10 Kubikmet. Luft erforderlich sind; 3) daß die Temperatur der Zellen auf 15 Grad erhalten werden muß.

In Folge des Berichtes einer andern Abtheilung der Commission, die mit der Untersuchung der Abtritte und Gossensteine beauftragt war, ist von der gesammten Commission als die zweckmäßigste Einrichtung ein fester Sitz in jeder Zelle mit einer abwärts gehenden Röhre, die zur Ventilirung dient, angenommen worden.

2397. Die Abänderungen, welche die Commission an dem Entwurf von Grouvelle, den wir sehr bald beschreiben wollen, machen zu müssen geglaubt hat, waren: 1) das Luftvolum, womit jede Zelle versehen werden mußte, auf 10 Kubikmet. in der Stunde zu erhöhen; 2) die Temperatur in den Zellen stets auf 15 Grad zu erhalten; 3) eine doppelte Circulation des warmen Wassers in entgegengesetzter Richtung vorzurichten und zwar in einem Canal unter den Balkonen, damit an jedem Punkte des Umlaufs die mittlere Temperatur der Röhren constant sei; 4) die Ventilirung der Zellen durch die abwärts gehenden Abtrittsröhren vorzurichten.

Digitized by Google

Nachdem nun am Schlusse des Jahres 1844 das abgeänderte Project des Herrn Grouvelle angenommen worden war, wurden die Arbeiten nach Angabe der Commission ausgeführt.

2398. Im Laufe des Jahres 1849 wurde eine Special-Commission ernannt, um die Heiz- und Ventilirungseinrichtung in dem Zellengefängniß Mazas zu untersuchen. Aus dem darüber an den Präfecten des Seine-departements gerichteten Bericht entnehmen wir das Folgende.

2399. Einrichtung des Gebäudes. — Das eben genannte Gefängniß besteht aus sechs von einem Mittelpunkt ausgehenden Flügeln. In der Mitte eines jeden Flügelgebäudes befindet sich ein großer Corridor, der sich bis zu dem Dache erhebt und an seinem Ende mit einem der ganzen Höhe nach gehenden Fenster versehen ist. Zu beiden Seiten sowohl in dem Erdgeschoß als auch in den beiden Stockwerken befindet sich eine Reihe aneinander liegender Zellen, von denen jede 26 Kubikmet. räumlichen Inhalt hat und deren Gesammtzahl 1200 beträgt.

2400. Princip der Heizung. — Das Princip, worauf das Heizsystem des Herrn Grouvelle beruht, besteht in der Erwärmung der Luft durch Berührung mit den Röhren, in denen warmes Wasser circulirt. Eigenthümlich bei diesem System ist die Transmission der Wärme mit Hilfe der vor Kesseln in den Kellern angebrachten Generatoren, welche nach Wasserbehältern strömen, die in verschiedenen Stockwerken angebracht sind und zur Circulation dienen.

Nach diesem System erfolgt die Circulation des warmen Wassers nur unter einem geringen Druck, und die verschiedenen Stockwerke eines und desselben Flügelgebäudes sind in Beziehung auf die Heizung nicht unter einander verbunden, so daß die Heizung einer Etage, wenn die Zellen nicht besetzt sind, unterbrochen werden kann.

2401. Ventilirung. — Die Ventilirung wird durch das Ansaugen einer großen Esse von 4 Quadratmet. Querschnitt und von 29 Met. Höhe, die in der Mitte des Gebäudes angebracht ist, bewirkt.

Die in die Zellen angesaugte und zur Ventilirung bestimmte Luft wird im Winter durch Berührung mit den Warmwasserröhren erwärmt. Die gesammte, durch die Ventilation aus den Zellen ausgetriebene Luft geht durch die Abtrittsröhren nieder. Jede Zelle enthält eine nach dem Keller abwärts gehende Röhre. Die Ventilirung hat den Zweck, die Luft in den Zellen rein zu erhalten, indem eine hinreichende Menge äußerer Luft eingeführt wird, um die durch die Athmung und Ausdünstung der Gefangenen verdorbene Luft zu ersetzen; die Menge der zugeführten frischen Luft muß hinreichend sein, um die Ausdünstungen der Abtrittsröhre zu verhindern.

2402. Einrichtung der Apparate in den Gebäuden. — In jedem Gebäude und längs des Corridors befinden sich in der ersten und in der zweiten Etage Balkone, auf welche die Zellenthüren ausgehen. Unter den Balkonen sind rechts und links Canäle angebracht, in denen gußeiserne Röhren zwei parallele Reihen bilden, die das Wasser in entgegengesetzter Richtung durchströmt, damit an jedem Punkt die Temperatur fast gleich sei. Für das Erdgeschoß liegen diese Röhren in einem Canal unter der Sohle des Corridors, stets aber unter den Zellen. Die Canäle sind in der Richtung der Scheidewände zwischen den verschiedenen Zellen durch Querscheider getrennt. Ein jeder dieser Zwischenräume stand

Digitized by Google

ursprünglich mit der Atmosphäre durch einen Canal im Zellenboden in Verbindung, später ist, wie wir weiter unten näher nachweisen werden, diese Einrichtung dahin geändert, daß die Verbindung mit der Corridorluft stattfindet. Dieselben Räume stehen mit den Zellen durch einen Canal in Verbindung, der mit mehreren Gittern versehen ist.

Jede Circulation der Warmwasserröhren steht mit einem Behälter in Verbindung, in welchem das Wasser durch Verdichtung des in einem Schlangenrohr circulirenden Dampfes erwärmt wird. Sechs Kessel können den Dampf für alle Behälter mittelst einer allgemeinen Leitung liefern.

In jeder Zelle befindet sich ein Nachtstuhl, der aus einer gußeisernen Schale und einer nach einem Faß abwärts gehenden Röhre besteht. Alle Fässer stehen in einer unterirdischen Gallerie, welche die ganze Länge des Corridors hat, auf welche die Gefängnißzellen hinausgehen.

Die sechs unterirdischen Gallerien laufen durch ihre nächsten Enden in einen gemeinschaftlichen, kranzförmigen Canal aus, der mit einer Lüftungsesse in Verbindung steht. Die übrigen Enden der Gallerien stehen mit dem Aeußern in Verbindung, sind aber durch doppelte Thüren genau verschlossen; durch dieselben werden auf einem Wagen, der sich auf einer Eisenbahn bewegt, die Fässer heraus geschafft.

Aus den hier beschriebenen Einrichtungen folgt, daß, da das Wasser in dem Behälter durch Dampf erhitzt wird, der in Schlangenröhren circulirt, in Folge der ungleichen Temperatur eine Circulation zwischen dem Behälter und den von denselben ausgehenden und längs den Zellen angebrachten Röhren entsteht; dieselbe ist eine fortdauernde, da das Wasser in den Röhren fortwährend erkaltet und in den Behältern wiederum erwärmt wird. Der Ofen der in den Kellerräumen angebrachten Saugesse wird ununterbrochen gefeuert, und es folgt daraus ein Ansaugen der Luft in den Zellen durch die Abtrittsröhren; diese Luft gelangt durch die unterirdischen Gallerien zu der Lüftungsesse. Da die Thüren diese Räume luftdicht schließen, so kann die äußere Luft nicht darauf einwirken. In dem Maß, als die Luft aus den Zellen ausströmt, wird sie durch solche aus den Corridoren, die durch ihre Berührung mit den Circulationsröhren des warmen Wassers erwärmt worden ist, ersetzt.

2403. Vorrichtungen zur Regulirung der Zellenventilirung. — Zur Regulirung der Ventilirung in den Zellen ist die niedergehende Röhre, deren unteres Ende in ein verschlossenes Faß ausgeht, mit einem Seitenzweige versehen, dessen Ende mit einem Stöpsel verschlossen ist, während der Querschnitt der Oeffnung nach Belieben mit einem Klappenventil verkleinert werden kann.

2404. Versuche zur Bestimmung der Heizung und Ventilirung. — Um die Temperatur in den Zellen zu messen, wendet man etwa 100 Stück Thermometer an, die vorher unter einander verglichen und empfindlich genug sind, um wenigstens einen Viertelgrad genau angeben zu können. Ein jedes dieser Thermometer ist in einer Höhe von (1,5) Met. über dem Boden der Zellen und in allen unter ähnlichen Verhältnissen aufgehängt. Man hat die Beobachtungen an allen Punkten der Gebäude angestellt, um eine Menge gleichzeitiger Resultate zu erlangen.

Die Ventilirung wurde mittelst Combes'scher Anemometer gemessen; zur Messung der Strömung in dem kranzförmigen Canal, der zu der Lüftungsesse geht, hat man sich eines gewöhnlichen Anemometers bedient,

Digitized by Google

mit dem man eine Geschwindigkeit von 0,6 Met. in der Secunde bestimmen kann. Bei der Ventilirung der Zellen hat man aber ein weit empfindlicheres Instrument angewendet, welches besonders für diesen Zweck vorgerichtet und erst dann graduirt worden war, als es sich in der Röhre befand, in welcher es wirken sollte; diese Röhre befand sich in einem Cylinder von 0,12 Met. Durchmesser, der unten in eine Kugel auslief, welche mit einem Rande und einem Streifen Zeug versehen war, der genau auf den Rand der Sitzöffnung paßte. Dieses Anemometer war bei einer Geschwindigkeit von 0,08 Met. empfindlich. Um nun die Ventilirung in dem ganzen Gebäude zu messen, wurde das gewöhnliche Anemometer nach und nach an mehreren Punkten des Canals angebracht, der die Ränder mit dem Essenherde verbindet, um auf diese Weise die mittlere Geschwindigkeit des Stromes bestimmen zu können.

2405. Die Versuche über die Heizung und Ventilirung wurden von einer besonderen Abtheilung der Commission etwa 10 Monate lang regelmäßig fortgesetzt und hauptsächlich dann wiederholt angestellt, wenn es erforderlich schien, irgend eine wichtige Thatsache zu bestätigen; sämmtliche Versuche und Beobachtungen sind nach dem Datum in ein Register eingetragen und aus diesem Register sind Tabellen aufgestellt, welche die wesentlichsten Versuche über die Heizung und Ventilirung wiederholen.

2406. Die auf diese Weise erlangten Resultate waren so regelmäßig, als es bei der Heizung der verschiedenen Etagen nur irgend möglich war. Man hat auch erkannt, daß die Lüftungsesse eine weit bedeutendere Kraft hat, als vorausgesetzt wurde und als erforderlich war, indem in der Stunde 30000 Kubikfuß Luft angesaugt werden, welches einer mittleren Lufterneuerung von 25 Kubikmet. auf die Zelle und in der Stunde statt 10 Kubikmet. entspricht, welche als die geringste Ventilirungsluftmenge in dem Entwurfe angenommen worden waren. Die Commission hat auch ferner erkannt, daß man mittelst der Register, die in den Leitungen der Kellerräume zu der Lüftungsesse angebracht sind, die allgemeine Ventilirung der Art vertheilen konnte, um sie in den sechs Flügeln des Gebäudes wesentlich gleich zu machen. Die Analysen der Luft aus zwei bewohnten Zellen in zwei verschiedenen Etagen eines und desselben Flügels, die in der Stunde mit 25 Kubikmet. Luft ventilirt wurden, haben gezeigt, daß das Verhältniß der von der Athmung hervorgebrachten Kohlensäure $^1/_{1000}$ nicht überstieg.

2407. Bei der anfänglichen Einrichtung wurde die Luft mittelst gewöhnlicher Oeffnungen an der Außenfläche der Gebäude aufgefangen; allein später wurde erkannt, daß die Heizung und Ventilirung wesentliche Veränderungen durch den Einfluß der Winde und der Sonne erlitten; oft strömte die in den Canälen mit den Warmwasserröhren erwärmte Luft durch die Oeffnungen aus, welche zum Auffangen der äußern Luft dienten, während die Ventilirung der Zellen durch die aus dem Corridor unter den Thüren eindringende Luft bewirkt wurde. Es wurde daher im Jahre 1850 eine Veränderung dahin getroffen, daß die Luft aus dem Corridor in die Zellen eingeführt wurde, welche Veränderung die Erfahrung als vollkommen nachgewiesen hat.

2408. Die Temperatur wurde im Winter in allen bewohnten Gebäuden zwischen 13 und 16° erhalten, wobei freilich einige zufällige und momentane Unterbrechungen der Heizung unberücksichtigt bleiben müssen. Die Temperatur in den Zellen hätte leicht noch einen Grad höher gebracht

Digitized by Google

werden können, allein 16° waren das höchste nach Vorschrift der Gesundheitspolizei. Die Ventilirung hat sich immer als hinreichend bewiesen.

2409 bis 2415. Es folgen nun in dem Original die Auszüge aus den oben erwähnten Tabellen, die nach den ebenfalls erwähnten Temperaturregistern aufgestellt worden sind; da diese Tabellen, deren acht angefertigt waren, sowie die daraus in unserer Quelle gemachten Auszüge ein zu specielles und zu wenig wissenschaftliches Interesse gewähren, so lassen wir sie hier gänzlich weg.

2416. Nach den genauen Angaben war der Brennmaterialverbrauch nach einem Durchschnitt von vier Jahren folgender:

Für die Heizung	413122	Kilogr.
Für die Ventilirung . . .	164911	=
Für die Bäder	43429	=
Gesammtverbrauch:	621462	Kilogr.

mit einer Gesammtausgabe von 89199 Frcs., so daß durchschnittlich für einen Gefangenen die jährliche Heizung 24,33 Frcs. und die Ventilirung 5,22 Frcs. beträgt.

Der mittlere tägliche Kohlenverbrauch zur Ventilirung betrug 19 Kilogr.; da nun die Einströmungsgeschwindigkeiten in die Lüftungs- oder Saugesse im Wesentlichen im Verhältnisse zu den Quadratwurzeln der Temperaturüberschüsse stehen und die letzteren proportional dem verbrauchten Brennmaterial sind, so findet man, daß während der drei Jahre die Ventilirung auf die Zelle und in der Stunde 22 Kubikmet. betrug; endlich daß der mittlere tägliche Verbrauch im Sommer und im Winter 21,11 und 16,89 Kilogr. nicht überstiegen hat.

2417. Folgerungen aus diesen Beobachtungen. — Nimmt man einen Verbrauch von 20 Kilogr. Steinkohlen in der Stunde bei einer gesammten Ventilirung von 30000 Kubikmet. Luft und bei einer mittlern äußern Temperatur von 6 Grad an, so wird die Temperaturzunahme der Luft in der Esse im Wesenlichen durch nachstehende Gleichung gegeben werden:

$$20 \cdot 8000 = 30000 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}24,$$

woraus man erhält $x = 17°$; die Temperatur dieser Luft wird alsdann $17 + 14 = 31°$ und ihr Temperaturüberschuß über die äußere Luft $= 31 - 6 = 25°$ sein. Die Erwärmung der Luft durch die Rauchröhre der Generatoren bleibt unberücksichtigt, da der Einfluß dieser Erwärmung ein nur sehr geringer ist. Da die Höhe der Esse 29 Met. beträgt, so wird die theoretische Einströmungsgeschwindigkeit der Luft betragen:

$$v = \sqrt{\frac{2gHa(t-\theta)}{1+at}} = \sqrt{\frac{19{,}62 \cdot 29 \cdot 0{,}00365 \cdot 25}{1+0{,}00365 \cdot 31}} = 6{,}70.$$

Da nun die Esse cylindrisch ist, 2,15 Met. Durchmesser und 3,62 Quadratmet. Querschnitt hat und die Rauchröhre der Oefen, die 0,80 Met. Durchmesser und 0,50 Quadratmet. Querschnitt hat, enthält, so folgt daraus, daß der Querschnitt des Canals, durch welchen die Ventilirungsluft ausströmt, auf $3{,}62 - 0{,}50 = 3{,}12$ Quadratmet. reducirt ist. Da die Esse 30000 Kubikmet. Luft in der Stunde ansaugt, oder 8,33 Kubikmet. in der Secunde, so wird die Einströmungsgeschwindigkeit $\frac{8{,}33}{3{,}12} = 2{,}67$

Digitized by Google

sein. Es beträgt demnach die wirkliche Geschwindigkeit nur $\frac{2{,}67}{6{,}70} = 0{,}40$ von der theoretischen Geschwindigkeit, und es ist folglich die wirkliche Arbeit nur $(0{,}40)^2 = 0{,}16$ von der Arbeit, welche die Esse leisten würde, wenn nicht auf dem ganzen Umlauf der Luft von den Einströmungsöffnungen der äußern Luft bis zu dem obern Ende der Esse Widerstände vorhanden wären. Wenn man nun mit V die von dem Drucke bedingte Geschwindigkeit, mit v die wirkliche Geschwindigkeit und mit m die gesammte Summe der Widerstände bezeichnet, so hat man

$$v = V\sqrt{\frac{1}{1+m}};\ \text{daher}\ \left(\frac{v}{V}\right)^2 = \frac{1}{1+m};\ \text{und}\ m = 5{,}25.$$

Nun finden sich auf dem Lauf der Luft drei Erweiterungen: bei dem Eintritt in die Gallerien, in die Zellen und in die Kellerräume, in denen die Entleerungsfässer stehen; ebenso kommen drei rechtwinkelige Richtungsveränderungen vor, zwei in dem Canal, welcher die Luft in die Zellen führt, und eine beim Eintritt der Luft in die Saugesse, welche einen Druckverlust von 4,50 hervorbringen (379 und 354). Es bleiben daher für die Reibung nur 0,75.

2418. Die ganze Oberfläche der Wände, welche der Berührung der Luft ausgesetzt sind, beträgt fast 13000 Quadratmet., die Oberfläche des Bodens und der Gewölbe nicht mit inbegriffen, indem dieselben wenig Wärme durchlassen. Ihre Stärke beträgt 0,60 Met. (24 Zoll). Die Gesammtoberfläche der Fensterscheiben beträgt 2173 Quadratmet. Nimmt man nun die Zahl 15 für die Wärmemenge an, welche ein Quadratmet. Wand in der Stunde durchläßt und 22 für die Durchlassung der Fenster unter gleichen Umständen, so beträgt die Gesammtmenge der Wärme, welche im Durchschnitt durch die Fenster und die Wände verloren geht, $13000 \cdot 15 + 2173 \cdot 22 = 242806$. Um die gesammte Wärmemenge, welche durch die Oefen entwickelt wird, zu bestimmen, muß man die Wärmemenge hinzufügen, welche erforderlich ist, um 30000 Kubikmet. Luft von 7,5 auf 14 Grad zu erhöhen, weil die Luft bei 14 Grad aus den Zellen ausströmt, und welche gleich $30000 \cdot 1{,}3 \cdot 6{,}5 \cdot 0{,}25 = 63375$ ist, und man muß davon 40 Wärmeeinheiten abziehen, die von jedem Gefangenen entwickelt werden, also $40 \cdot 1200 = 48000$. Man findet daher $242806 + 63375 - 48000 = 258181$, eine Wärmemenge, welche im Verhältniß von 3760 Wärmeeinheiten auf das Kilogr. Steinkohlen (Mittelwerth, welcher die Production von 7 Kilogr. Dampf darstellt, wobei die Speisewasser 100 Grad gleich sind) 68,85 Kilogr. Steinkohlen entspricht, und täglich $68{,}85 \cdot 24 = 1652{,}4$ Kilogr., während für die sechs Gebäude der mittlere Verbrauch $= 270 \cdot 6 = 1620$ Kilogr. ist. Der Unterschied ist so gering, als sich nur irgend erwarten läßt.

2419. Beschreibung des Gefängnisses Mazas. — Fig. 585. Grundriß des Gebäudes an der Sohle.

A, Eingang;
B, Hof des Verwaltungsgebäudes;
C, Wachtstube;
D, Magazine;

Digitized by Google

E, Todtensaal;
F, Küche;
G, Durchgang zur Kanzlei;
H, Kanzlei;
I, I, Saal für die Gartenarbeiterinnen;
J, J, Provisorische Gefängnisse;
J', Treppenhaus;
K, Zimmer des Directors;
K', K', K', Wege für die Ronden;
L, Centralsaal über dem Bureau des Aufsehers. Von diesem laufen sechs Gebäude M, M, M . . . aus, welche durch einen Corridor, der sich bis zum Dache erhebt, in zwei gleiche Theile geschieden werden; seine Erleuchtung erfolgt durch ein gläsernes Dach. Zu beiden Seiten des Corridors, im Erdgeschoß, im ersten und im zweiten Stockwerk enthalten die Gebäude Zellen; die des ersten und zweiten Stockes sind mit einem Balkon versehen, welcher durch die ganze Länge der Gebäude geht. Die eisernen Geländer der gegenüberliegenden Balkone dienen als Schienen für einen Wagen, welcher die Kost der Gefangenen trägt, die in die verschiedenen Zellen vertheilt wird. Die Wagen werden in der Küche beladen, eine Eisenbahn führt sie bis zu dem Zugange des Kellergeschosses P, wo sie von einer andern Eisenbahn aufgenommen werden; Winden, die bei Q in jedem Flügel angebracht worden sind, heben die Wagen zu dem erforderlichen Stockwerke; diese Arbeit zur Speisung dauert drei Minuten. Während des Gottesdienstes werden die Zellenthüren zur Hälfte geöffnet, so daß die Gefangenen den Priester vor dem Altare in dem Centralsaale L sehen können, ohne mit einander in Verbindung zu kommen.

O, O, . . . Sprechzimmer; jeder Gefangene und jeder Besuchende befindet sich in einem besondern Cabinet. P Niedergang zu der Küche und den Magazinen. Q Oeffnung in den Gewölben, durch welche die Wagen mit Speisen gehen. N Spaziergänge mit zellenartiger Einrichtung für die Gefangenen; sie steigen nach einander die Treppen R hinab und gehen nach dem Mittelpunkte S in den Höfen. Der mittlere Theil enthält einen kleinen Thurm, in welchem sich der Aufseher aufhält. Das Ende eines jeden Hofes, welches von dem Mittelpunkte am entferntesten liegt, ist der Art bedeckt, um den Gefangenen Schutz zu gewähren. T Gasanstalt. U allgemeine Ventilationsesse. V Zellenbäder. Die Krankenzimmer befinden sich im ersten Gebäude rechts im ersten Stockwerke, und es hat jeder Kranke eine doppelte Zelle.

2420. Fig. 586, senkrechter Durchschnitt eines Zellengebäudes. Jede Zelle ist 3,75 Met. lang, 2 Met. breit und 3 Met. hoch; eine jede enthält eine Gaslampe und ein Becken C als Nachtgeschirr, dessen Röhre die Ventilationsluft in ein Gewölbe führt, das mit der großen Esse in Verbindung steht; die Luft geht zwischen dem Deckel und dem Rande der Schale durch. A und B sind zwei horizontale gußeiserne Röhren, durch welche in entgegengesetzter Richtung heißes Wasser strömt. Sie liegen in einem Canal, der unter dem Balkon angebracht und mit einem Deckel von Gyps verschlossen ist; dieser Canal wird durch Querscheider unterbrochen, die in den Achsen der Scheidewände der Zellen angebracht sind. Die Luft strömt aus dem Corridor in den Canal durch Oeffnungen, die in dem Deckel von Gyps angebracht worden sind, in welchem sich Löcher befinden,

Digitized by Google

und bringt durch die Oeffnungen D, welche mit durchbrochenen gußeisernen Platten bedeckt sind, in jede Zelle. E die Fenster der Zellen. F vergittertes Fenster, welches das Ende des Corridors verschließt. G Expansionsgefäße für die Wassercirculationen.

2421. Fig. 587 stellt den Durchschnitt eines der Zellengebäude in der Nähe der Rotunde vor den Zellen dar.

A, Behälter für das von dem Dampf erwärmte Wasser, wodurch die Röhren unter den Balkonen gespeist werden.

B, die Geländer von zwei kleinen Brücken, die über den Corridor gehen und unter denen sich Warmwasserröhren befinden, welche der Circulation auf der rechten Seite entsprechen.

C sind Gefäße, welche mit den Warmwasserröhren in Verbindung stehen und die Ausdehnung des Wassers gestatten, so daß die Röhren stets voll erhalten werden. Sie sind an den entgegengesetzten Enden der Gallerie angebracht. In diesem Durchschnitt ist das Gewölbe minder hoch, als in demjenigen Theil des Gebäudes, den die Zellen einnehmen.

D, Kaltwasserbehälter zum Gebrauche der Gefangenen.

E, Raum, den die Ventilationsluft durchströmt; das dort zu bemerkende Gitter hat den Zweck, Verbindungen zu verhindern.

2422. Auszug aus den Berichten verschiedener Commissionen. — Ein Zeitungsartikel vom Jahre 1850 enthielt sehr lebhafte Klagen verschiedener Gefangener im Mazas-Gefängnisse über dessen Gesundheitsverhältnisse, weshalb der Polizeipräfect eine Commission ernannte, um Bericht darüber zu erstatten. Die Commission zerfiel in drei Abtheilungen, von denen jede besonders untersuchte und einen Bericht erstattete, aus denen wir hier das Wichtigste mittheilen.

2423. Erster Bericht. — Die Commission hat mehrere Versuche über die Bewegung der Luft und die Messung ihrer Geschwindigkeit angestellt. Wurde an irgend einem Punkte der Zelle Rauch entwickelt, so richtete sich derselbe sofort nach dem Nachtstuhl und verschwand in dem Raume um dessen Deckel; ebenso konnte man, wenn eine Pfeife oder eine Cigarre geraucht worden war, nach wenigen Minuten den Rauch nicht mehr wahrnehmen. Der folgende Versuch giebt den Beweis davon; drei Personen, wobei ein Mitglied der Commission, schlossen sich in eine Zelle ein und rauchten ununterbrochen eine Stunde lang; der Rauch verschwand so wie er entstanden war, und die Luft blieb bis zu Ende klar.

2424. In Beziehung auf die Schnelligkeit der Ventilirung wies das Anemometer nach, daß jede Zelle 10 bis 25 und selbst 30 Kubikmeter in der Stunde aufnimmt. Es muß bemerkt werden, daß so große Unterschiede zwischen den in verschiedenen Zellen eingeführten Luftmengen eine Folge störender Einflüsse sind, von denen wir weiter unten reden werden. Diese störenden Einflüsse verschwanden bei der oben beschriebenen neuen Vorrichtung der Luftfänge größtentheils, und ist dadurch die Ventilirung weit gleichartiger geworden. Um eine ununterbrochene Circulation der Luft zu erreichen, muß 1) die Saugesse regelmäßig wirken; 2) müssen die der Länge nach gehenden Kellerräume gut verschlossen sein; 3) muß die äußere Luft sich nicht durch Einwirkung der Sonne oder der Winde in entgegengesetzter Richtung bewegen können. Diese drei Bedingungen waren nun momentan gar nicht oder nur unvollkommen erfüllt, und dadurch wurde die Ventili-

Digitized by Google

rung unvollständig und es trat wohl auch die Luft aus den Abtrittsröhren zurück.

2425. Die dritte Ursache einer unregelmäßigen Ventilirung besteht in dem störenden Einfluß, den die Winde oder die Sonne ausüben. Diese Ursache hat mehr als einmal gewirkt, und wenn sie auch die Wirkung der Lüftungsesse nicht vollständig aufheben konnte, so hat sie doch dieselbe sehr geschwächt, namentlich in den letzten Tagen des Monats Juli, wo es sehr warm war, so daß in gewissen Stunden des Tages einige Gefangene dadurch wohl Nachtheile erleiden konnten. Dennoch kann die Commission nachweisen, daß die Ventilirung unter diesen Verhältnissen stets noch 10 Kubikmeter in der Stunde betrug, eine Luftmenge, die von der frühern Commission als das Minimum der Ventilirung nachgewiesen worden war.

2426. Bei den Versuchen hat man sich überzeugt, daß verschlossene Fenster für die Regelmäßigkeit der Ventilirung wesentlich waren; bei offenen Fenstern und besonders wenn Winde einwirkten, fand oft ein Ansaugen in entgegengesetzter Richtung statt, d. h. die Luft stieg durch die Abtrittsröhre mit großer Geschwindigkeit auf und verbreitete sich selbst in der Gallerie. Bei einem der Versuche bewies das Anemometer, daß in einer Stunde 38 Kubikmet. Luft aus der Grube ausgeströmt waren. Die Oeffnungen in den Zellenthüren hatten dagegen, mochten sie offen oder verschlossen sein, fast gar keinen Einfluß auf die Ventilirung. Dieser störende Einfluß der Sonne und des Windes war auch die hauptsächlichste Veranlassung, daß die Oeffnungen zum Auffangen der Luft vom Aeußern des Gebäudes nach den Gallerien verlegt wurden, wo sie gegen die atmosphärischen Einflüsse geschützt waren.

Man kann daher aus dem Gesagten folgern, daß 1) die Lüftung der Zellen des Mazas-Gefängnisses für den Gesundheitszustand der Gefangenen vollkommen genügend ist; 2) daß der Verschluß der Fenster eine nothwendige Bedingung für eine regelmäßige Ventilirung ist.

2427. Schließlich muß hier noch erwähnt werden, daß das wirkliche Unwohlsein eines Gefangenen, welches die Veranlassung zu der Untersuchung des Gefängnisses gab, in anderen Ursachen gesucht werden muß. Es kann nachgewiesen werden, daß die einen vom Unwohlsein Befallenen lungenkrank waren, die zweiten an einem Herzübel, die dritten an Schwindel litten u. s. w.

2428. Zweiter Bericht. — Eine große Anzahl von Gefangenen in verschiedenen Zellenetagen und Gallerien wurden, um sie desto freier reden zu lassen, einzeln gefragt, und ihre Antworten waren fast vollkommen übereinstimmend. Sie erklärten, daß die Zelle als Wohnzimmer ihnen vollkommen zweckmäßig erscheine, die Temperatur eine angenehme sei, es nicht an Luft fehle und sie seit ihrer Einsperrung durchaus keine Veränderung ihrer Gesundheit erlitten hätten. Mehrere unter ihnen bemerkten sogar, daß sie im Zustande der Freiheit sich sehr glücklich schätzen würden, so gesunde Wohnungen haben zu können. Es war dies die allgemeine Angabe nicht allein solcher Gefangenen, die früher noch nie detinirt worden waren, sondern auch solcher, die früher schon gemeinschaftliche Gefangenschaft erduldet hatten.

Dagegen hörte man auch einige Klagen, jedoch im Allgemeinen nur von Wenigen. Einige von denselben hatten die Ventilirung durch Verstopfen

Digitized by Google

unterbrochen, und als diese Ursachen entfernt waren, trat auch sofort die vollständige Ventilirung der Zellen wieder ein.

2429. Die Klagen anderer Gefangenen waren dagegen ohne allen Grund, und die Commission muß daher erklären, die Heizung und Ventilirung des Gefängnisses in vollkommen gutem Zustande gefunden zu haben.

2430. Man ist lange Zeit der Meinung gewesen, daß bei einer regelmäßigen Ventilirung die Fenster der Zellen luftdicht verschlossen sein müßten. Mehrere Gefangene beklagten sich im Sommer darüber, daß es ihnen an Luft fehle; ihre Zellen wurden untersucht, und man fand einen Luftwechsel von 25 bis 30 Kubikmet. in der Stunde, dennoch erkannten Aerzte ein wirkliches Unwohlsein.

Man schrieb diese Thatsachen der Temperaturerhöhung in den Zellen zu, allein es war leicht einzusehen, daß, wenn diese Ursache wirklich existirt hätte, die Luft zu warm einströmen mußte. Es ist wahrscheinlich, daß diese Uebel von wissenschaftlich schwierig zu erklärenden Ursachen herrühren; der Grund mag darin liegen, daß bei manchem Organismus der directe Einfluß der Sonnenwärme nicht ersetzt werden kann. Manche Personen schwächlicher Organisation glauben, daß es ihnen an Luft fehle, sobald sie sich in einem engen Raum befinden, wenn derselbe auch noch so gut ventilirt ist.

Man versuchte es, die Fenster der leidenden Gefangenen zu öffnen, worauf die Klagen und Unpäßlichkeiten sofort aufhörten. Man mußte es daher allen Gefangenen gestatten, ihre Fenster nach Belieben zu öffnen, ohne daß die Ventilirung gestört wurde. Man gab daher einem jeden Gefangenen einen beweglichen Verschluß, der sofort auf dem Nachtstuhl angebracht, sobald das Fenster geöffnet wurde. Jetzt stehen alle Fenster zur freien Disposition der Gefangenen, und man hat sehr gute Resultate erlangt.

Das Zellengefängniß zu Prouvens.

2431. Dieses Gefangenhaus ist auf dieselbe Weise eingerichtet, wie das von Mazas, allein es besteht nur aus einem Gebäude, welches nur 39 Zellen enthält. Die Heiz- und die Ventilirungsapparte sind von Herrn Grouvelle construirt und in allen Punkten wie die zu Mazas eingerichtet; nur erwärmt der Kessel das zur Heizung im Winter erforderliche Wasser unmittelbar, während im Sommer die Lüftung durch einen besondern Saugherd bewirkt wird.

Die Maueroberfläche beträgt 1059 Quadratmet., ihre mittlere Stärke ist gleich 0,60 Met., die Oberfläche der Fenster beträgt 107,50 Quadratmet.; die Esse des Luftwärmofens ist 0,31 Met. weit und erhebt sich 5 Met. in die 18 M. hohe Lüftungsesse, die unten 1,06 Met. und oben 0,60 Met. weit ist.

Die Untersuchung der Apparate von Seiten der Departementsbehörde hat folgende Resultate gegeben.

2432. Beobachtungen über die Temperatur. — Diese Beobachtungen sind in vier Zellen von jeder Etage gemacht; in derjenigen, welche von dem Ausgange der Circulationsröhre am entferntesten war, in der ihr am nächsten liegenden und in zwei mittleren auf der Nord- und Südseite. Die Temperaturen wurden Morgens, Mittags und Abends notirt.

Die durchschnittliche Temperatur am Morgen belief sich auf 14,60°, die am Mittag auf 15,35°, die am Abend auf 14,91 und die tägliche

Digitized by Google

Durchschnittstemperatur auf 14,95°. Die mittlere Temperatur auf der großen Gallerie betrug 15,16° und die in der Stube des Gefängnißaufsehers 18°. In den südlich liegenden Zellen war die Temperatur 1 Grad höher als in den nördlich liegenden.

Die Feuerung wurde in der Nacht unterbrochen, und dennoch hat die Temperaturverminderung 0,31 Grad niemals überstiegen, eine Folge der außen in den Mauern und in dem warmen Wasser eingeschlossenen Wärmemenge. Die mittlere äußere Temperatur während der Versuche betrug am Tage 6°; da aber die Nächte sehr kalt waren, so war die mittlere Temperatur in 24 Stunden eine weit geringere. Die Gefangenen haben sich niemals über Kälte beklagt, wogegen einige die Temperatur zu hoch fanden.

2433. Ventilirung. — Die hierüber anzustellenden Versuche wurden in den Nachtstuhlröhren und in der Lüftungsesse angestellt, und man hat dabei folgende Resultate erlangt.

2434. Der Kesselofen war in vollem Feuer, der Lüftungsherd aber erloschen. — Erdgeschoß, mittleres Luftvolum, welches aus jeder Zelle in der Stunde ausgeströmt ist . . . — K.-M.

Erste Etage desgleichen	. . . . .	59,4 „
Zweite Etage desgleichen	. . . . .	81,0 „
Aus der Esse ausgeströmtes Luftvolum	. . .	3400,0 „

Die von der Esse angesaugte Luftmenge in die 39 Zellen vertheilt, giebt für jede eine Ventilirung von 87 Kubikmet.; die Mittelzahl der Ventilirung der Zellen, direct gemessen, giebt nur 70 Kubikmet.

2435. Der Kesselofen war seit 12 Stunden erloschen und eben so auch der Lüftungsherd. — Erdgeschoß, mittlere Luftmenge, die aus jeder Zelle in der Stunde ausgeströmt ist 32,4 K.-M.

Erste Etage desgleichen	. . . . .	28,8 „
Zweite Etage desgleichen	. . . . .	16,0 „
Luftmenge, die aus der Esse ausgeströmt ist	.	1051,0 „

Die von der Esse angesaugte Luftmenge, abgezogen von der, welche durch die Esse ausströmt, beträgt 29 Kubikmet.; die mittlere aus der Zelle ausgeströmte Luftmenge, abgeleitet aus den directen, in mehreren Zellen angestellten Beobachtungen beträgt 25,7 Kubikmet.

2436. Das Feuer war seit sechs Tagen erloschen. — Erdgeschoß, Mittagsseite, das aus der Zelle und in der Stunde ausgeströmte Luftvolum betrug . . . . . 24,4 K.-M.

Erste Etage desgleichen	. . . . .	34,5 „
Zweite Etage desgleichen	. . . . .	7,0 „
Luftmenge, die in der Stunde durch die Esse ausströmte		1134,0 „

Bei diesen Versuchen war weder in dem Kesselofen noch auf dem Lüftungsherde Feuer; die Ventilirung der nach Norden zu liegenden Zellen war fast 0.

2437. Das Feuer im Kesselofen war erloschen, der Lüftungsherd aber im Feuer. — Erdgeschoß, Nordseite, Luftmenge, die aus der Zelle und in der Stunde ausgeströmt ist . 68,4 K.-M.

Desgleichen Südseite, desgleichen	. . . . .	43,4 =
Erste Etage, Nordseite, desgleichen	. . . .	97,2 „

Digitized by Google

Desgleichen, Südseite, desgleichen	72,7	K.-M.
Zweite Etage, Nordseite, desgleichen . .	95,7	„
Desgleichen, Südseite, desgleichen	80,8	„
Luftvolum, welches durch die Esse in der Stunde ausgeströmt ist	2940,0	„

Die durch die Esse ausgeströmte Luftmenge, dividirt durch die Anzahl 39 der Zellen, giebt für die Ventilirung einer jeden 75,4 Kubikmet., und die mittlere Ventilirung der Zellen aus den Versuchen, die in vielen angestellt worden sind, giebt 75,6 Kubikmet.

Die Heizung erfolgt mit Torf; der mittlere tägliche Verbrauch beträgt 360 Kilogr., die fast 175 Kilogr. Steinkohlen gleich sind. Ueber den mittlern Verbrauch des Saugherdes sind keine Beobachtungen angestellt.

Der Bericht schließt dahin: 1) daß die in dem Contrakt verlangte Temperatur erreicht ist und überstiegen werden kann; 2) daß die sehr ungleichförmig vertheilte Ventilirung die verlangte weit übertrifft; 3) endlich, daß durch eine selbst längere Unterbrechung der Feuerung die Temperatur und die Ventilirungen unbedeutende Veränderungen erleiden.

Diese Folgerungen stimmen aber durchaus nicht mit den weiter oben angegebenen Versuchsresultaten überein. Die Ventilirung ist durchaus nicht regelmäßig, und wenn der Herd seit 12 Stunden erloschen ist, so ist die Ventilirung der Zellen der zweiten Etage um $^1/_5$ geringer als die vorhergehende. Es muß auch noch bemerkt werden, daß die in dem Bericht mitgetheilten Zahlen die mittleren, und daher in der Wirklichkeit die Unregelmäßigkeiten viel bedeutender sind.

2438. Beobachtungen. — Nimmt man an, daß die durch die der Luft ausgesetzten Fenster entwichene Wärmemenge auf das Quadratmeter und in der Stunde 22 Wärmeeinheiten betrage und die durch die Mauern unter denselben Umständen gedrungene Wärme 15 Einheiten gebe, so wird die durch die Fenster und die Mauern entwichene Wärme sein $107{,}5 \times 22 + 1059 \times 15 = 18250$ Wärmeeinheiten; und da das in der Stunde angesaugte Luftvolum 3400 betrug und die äußere Temperatur sich auf 6 Grad belief, so betrug die zur Heizung dieser Luft von 6 zu 15 Grad oder um 9 Grad erforderliche Wärmemenge $\frac{3400 \times 1{,}3 \times 9}{4} =$ 9945. Folglich belief sich der ganze Wärmeverbrauch auf $18250 + 9945 =$ 28195, die in dem Verhältniß von 2340 auf das Kilogr. 7,51 Steinkohlen darstellen, welches fast einen täglichen Verbrauch von 180 Kilogr. entspricht.

Was nun die Ventilirung betrifft, so wurde die verfolgte Versuchsweise angestellt, nachdem das Feuer sechs Tage vorher erloschen war, so daß die Ventilirung nur durch den Ueberschuß der Temperatur der innern Luft über die der äußern hervorgebracht werden konnte. Da der Essendurchmesser am obern Theil 0,60 Met. betrug, so belief sich sein Querschnitt auf 0,282 Quadratmet., und da das angesaugte Luftvolum in der Stunde 1134 Kubikmet. und in der Secunde $\frac{1134}{6 \times 600} = 0{,}315$ Kubikmet. ausmachte, so trat die Luft mit einer Geschwindigkeit von $\frac{0{,}315 \text{ Met.}}{0{,}282} =$ 1,117 Met. in die Esse. Nun belief sich für einen Temperaturüberschuß

Digitized by Google

von 9 Grad und einer Höhe von 18 Met. die theoretische Einströmungsgeschwindigkeit auf 3,35 Met. und daher das Verhältniß der Geschwindigkeit zu der theoretischen auf 0,30.

2439. Bei den letzten Versuchen über die Ventilirung und bei gefeuertem Herde hat man die auf demselben in der Stunde verbrannte Brennmaterialmenge nicht gemessen; allein man kann sie aus den vorhergehendem Resultat ableiten, weil das Verhältniß der wirklichen zu der theoretischen Geschwindigkeit dasselbe bleiben muß. Die angesaugte Luftmenge betrug 2940 Kubikmet. in der Stunde und 0,816 in der Secunde. Es war alsdann die Einströmungsgeschwindigkeit in der Esse $\frac{0,816}{0,282} =$ 2,893; die theoretische Geschwindigkeit mußte $\frac{2,893}{0,30} = 9,64$ sein. Demnach findet man mittelst der nachstehenden Formel leicht

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,H\,a\,(x-6)}{1+a\,(x+15)}}.$$

Ersetzt man die Buchstaben in der Formel durch ihre wirklichen Werthe, so müßte man, wenn der Temperaturüberschuß der Luft in der Esse 57° wäre, zur Hervorbringung dieser ungeheuren Ventilirung von 74 Kubikmet. auf das Individuum und in der Stunde während genannter Zeit $2940 \times 1,3 \times (57 - 15) \times 0,24 = 38525$ Wärmeeinheiten verbrauchen, welche fast 5 Kilogr. Steinkohlen entsprechen. Wenn man die Ventilirung auf den vierten Theil verminderte, d. h. auf 18,50 Kubikmet., welches noch als hinreichend erscheinen könnte, so würde die Geschwindigkeit 4 Mal kleiner werden, und da die Temperaturüberschüsse $x - 6$ proportional den Geschwindigkeiten sind, so würde man $x - 6 = \frac{(57-6)}{16}$ haben; daher $x =$ 9,18 Grad. Es würde demnach der Brennmaterialverbrauch vermindert werden auf $\frac{9,18}{57} = 0,16$ und folglich auf $5 \times 0,16 = 0,80$ Kilogr.

2440. Es fehlen diesen Heiz- und Ventilirungsapparaten Instrumente, welche die Beschaffenheit der Ventilirung zu jedem Augenblick angeben, so daß man sie stets innerhalb gewisser Grenzen erhalten kann. Denn wenn es für die Gesundheit von Wichtigkeit ist, daß die Ventilirung nicht unter einen gewissen Punkt hinabgehe, so ist es aus dem haushälterischen Gesichtspunkte nothwendig, dieselbe nicht zu übertreiben und nicht unnütz viel Brennmaterial zu verbrauchen. Da aber die Ventilirung durch Ansaugen von den atmospärischen Schwankungen sehr beeinflußt wird, so müßte man für jede Zelle Regulatoren haben, die alle diese Umstände berücksichtigten, was aber sehr schwierig zu sein scheint.

Das Zellengefängniß zu Tours.

2441 bis 2443. In den ersten beiden Paragraphen wird erzählt, wie in diesem Gefängniß die Cholera stark gewüthet und eine andere Einrichtung der Heizung und Ventilirung erfordert habe; wir erwähnen dies

Digitized by Google

nur beiläufig und gehen zu der kurzen Beschreibung dieses Gefangenhauses über. Dasselbe besteht aus einem Gebäude von drei unter rechten Winkeln mit einander verbundenen Flügeln; dieses Gebäude enthält 120 Zellen, von denen jedoch nur 108 von Gefangenen bewohnt werden können. Die Heiz- und Ventilirungsapparate sind von Herrn Duvoir-Leblanc vorgerichtet. Am Kreuzungspunkte der drei Corridore befindet sich die Capelle; darunter ist ein Warmwasserofen angebracht. Das warme Wasser circulirt in horizontalen Röhren, die in Canälen unter der Sohle und in den Achsen der Gallerien angebracht sind. Die äußere Luft dringt in diese Canäle ein, erwärmt sich an den Warmwasserröhren und strömt durch eine in der Mauer angebrachte dicke Leitung in die Zellen aus.

Im Winter wird die Ventilirung durch den Ofen bewirkt; zu dem Ende befinden sich auf dem Boden einer jeden der drei Gallerien und in der Mitte ihrer Länge zwei mit Gittern bedeckte Oeffnungen, die in Canälen endigen, welche zu dem Aschenfall des Ofens führen. Im Sommer wird die Ventilirung der Gallerien durch Oeffnungen bewirkt, die im Fenster am Ende einer jeden Gallerie angebracht sind; diese Oeffnungen können durch Fensterschieber mehr oder weniger verschlossen werden. Die Ventilirung der Zellen erfolgt, wie zu Mazas, durch die Nachtstuhlröhren; Becken von konischer Form aus emaillirtem Gußeisen stehen mit einer Röhre in Verbindung, die in schiefer Richtung durch die äußere Mauer und senkrecht an der äußern Oberfläche in eine Grube hinabgeht, die für 6 Zellen dient. Die Gruben standen anfänglich mit zwei Essen des Ofens in Verbindung, welche in ihrem untern Theile einen Warmwasserofen enthielten. Die Ventilirung wurde im Winter durch die Wärme des Rauches und im Sommer durch Warmwasseröfen bewirkt. Die Apparate wurden von einer Commission übernommen, die gegen die noch gar nicht im Gange befindliche Ventilirung keine Vorbehalte machte.

2444. Man fand sehr bald, daß die Nachtstuhlröhren eine leichte Verbindung unter den Gefangenen erhalten könnten, indem in der einen Esse leise gesprochene Worte in der andern gehört wurden. Man ließ daher die Enden der Röhren in mit Wasser und später mit Sand gefüllte Gruben eintreten. Dadurch wurden freilich die Töne, aber auch die Lüftung unterbrochen, und man mußte diese auf eine andere Weise bewirken. Die Becken wurden mit einem Mantel versehen, von welchem seitwärts eine blecherne Röhre auslief, die, nachdem sie sich bis zu einer gewissen Höhe gehoben hatte, mit einem Canal in den Mauern in Verbindung stand, der auf den Boden lief; diese Canäle wurden durch blecherne Röhren mit den beiden erwähnten Essen verbunden, die von dort ab nur 5 Met. hoch waren.

2445. Die Heizung hat sehr schlechte Resultate gegeben, wenigstens für die Zellen im Erdgeschoß, für welche der Zug nicht hinreichte. Die Ventilirung der Gallerien war sowohl im Winter als auch im Sommer ganz unzureichend. Die Ventilirung der Zellen im Winter war sehr gering, weil die Essen, in welche die Röhren ausliefen, von denselben ab nur 5 Met. hoch waren. Für die Ventilirung der Zellen im Sommer waren die Warmwasseröfen im untern Theile der beiden Essen durchaus unzureichend.

Digitized by Google

2446. Die Nachtstuhlröhren traten, wie schon bemerkt, in eine Schicht trockenen Sandes, der sich in den Abtrittsgruben befand, wodurch freilich die Unterhaltung der Gefangenen unter einander, nicht aber die Verbindung der Röhren mit der Luft in den Gruben unterbrochen war. Da nun die Mauern und Gewölbe der Gruben aus trockener Mauerung bestanden und der umgebende Boden für die Luft durchdringbar war, so folgt daraus, daß die nie abwärts gehenden Röhren, die eben nicht verschlossen waren, mittelst der Gruben in äußerer Verbindung mit der Luft standen. Durch Winde, durch Erwärmung der Röhren und durch die Einwirkung der Sonne stieg daher die Luft aus den Gruben in die Zellen.

2447. Unter diesen nachtheiligen Verhältnissen war daher die Ventilirung so gut wie gar keine; die Zellen mußten vergiftet werden, und man durfte sich daher nicht wundern, daß die Cholera unter ihren Bewohnern so große Verwüstungen anrichten konnte.

2448. Es mußten daher sehr wesentliche Abänderungen an den Heiz- und Ventilirungsapparaten vorgenommen werden. Die Ventilirung der Gallerie im Winter wurde dadurch erlangt, daß man sie mittelst einer Zinkblechröhre von 0,30 Met. Durchmesser mit einer unbenutzten Esse in Verbindung brachte, die mit einem Klappenventil versehen war, wie sie an alten Oefen angebracht sein soll. Der Luftstrom wurde so rasch, daß man ihn mäßigen mußte, um nicht zu viel Wärme zu verlieren, was von dem Unterschiede zwischen der Temperatur der innern und äußern Luft herrührte. Die Ventilirung im Sommer wurde durch die alten Einrichtungen hervorgebracht, welche, wie wir bemerkt haben, in Fensteröffnungen am Ende einer jeden Gallerie bestanden; die Schieber an den Fenstern wurden aber so eingerichtet, daß man mittelst einer kleinen Winde die Schieber in drei Etagen öffnen und verschließen konnte. Dadurch hat man vollkommen reine Luft in der Gallerie erreicht.

2449. Um die Zellen besser ventiliren zu können, hat man in denselben die Röhren, welche zu den Essen auf dem Boden führten, durch Ueberzüge von Gyps und Haaren verdichtet und andere nöthige Verbesserungen an diesen Canälen ausgeführt. Die Warmwasseröfen in den Lüftungsöfen wurden durch einen Ziegelsteinherd mit Rost, auf welchem Steinkohlen verbrannt wurden, ersetzt; und da der Zug des Kesselofens durch diese Einrichtung leiden konnte, so wurde eine kleine Esse von 0,25 Met. im Quadrat und von 4 Met. Höhe in der großen Esse für den Wärmeluftofen insbesondere hergestellt. Diese Esse ist 15 Met. hoch und hat 0,18 Quadratmet. Querschnitt. Bei einem Aufwande von 2,72 Kilogr. schlechter Kohlen in der Stunde betrug die Ventilirung fast 15 Kubikmet. Luft auf die Zelle und in der Stunde.

2450. Um in jedem Augenblick die Ventilirung bestimmen zu können, wendet man ein sehr einfaches Instrument an. Es besteht aus einer Stange, die sich um eine horizontale Achse bewegt, welche in einer Platte befestigt ist und eine Oeffnung verschließt, die in dem Canal der abwärts gehenden Gase vorhanden ist; diese Stange ist auf der Seite der Esse mit einer horizontalen kupfernen Platte von 0,18 Met. im Quadrat versehen; auf der andern Seite ist die Stange getheilt und kann ein kleines verschiebbares Gewicht aufnehmen. Es ist ganz klar, daß das Gewicht, multiplicirt durch seine Entfernung von der Drehungsachse, den durch die Bewegung der Luft hervorgebrachten Druck mißt.

Digitized by Google

2451. Durch diese Einrichtungen erlangte man eine hinreichende und sehr regelmäßige Ventilirung, allein der schlechte Geruch dauerte in einigen Zellen fort. Brachte man ein kleines, in einer Röhre befestigtes Manometer in der Oeffnung des Nachtstuhlbeckens an, so zeigte seine rasche Bewegung eine gute Ventilirung und ein kräftiges Ansaugen in den meisten Zellen, allein in den Zellen mit schlechtem Geruch zeigte sich die Bewegung in entgegengesetzter Richtung und veranlaßte einen aufwärtsgehenden Strom, der aus der Abtrittsgrube kam und in die Zelle drang. Diese Zellen mit schlechtem Geruch waren aber nicht immer dieselben und fanden sich auch nicht zu beiden Seiten einer und derselben Gallerie; die Ursache dieser Veränderungen bestand in der Einwirkung der Sonne und des Windes. Im Winter werden hauptsächlich die Zellen im Erdgeschoß mit dieser schlecht riechenden Luft erfüllt, während im Sommer, wenn die Sonne die Röhren erwärmt, die oberen Etagen derselben ausgesetzt sind.

2452. Daß der Geruch immer nur in einige Zellen eindringt, rührt von mehreren Ursachen her; zuvörderst ist es die schlechte Vorrichtung der Röhren, welche die Luft zu der Esse führen. Sie stehen senkrecht auf den Essen und veranlassen daher Strahlen, die den Querschnitt mehr oder weniger verengen; dann ist es auch die ungleiche Weite der in der Mauer vorhandenen Canäle; endlich die Verstopfung der Röhren durch fremdartige Körper.

2453. In Beziehung auf die letzte Ursache fand man bei dem Auseinandernehmen mehrerer Röhren in ihren unteren Theilen Spinnengewebe, während dieselben weiter oben nicht vorhanden waren. Um sie leicht wegzunehmen, wurde in jeder Röhre etwa 1,50 Met. über ihrem Ausgange eine kleine Thür angebracht, durch welche man eine Kette einbringen oder Wasser eingießen konnte. Man hat diese Mittel mehrmals anwenden müssen, da das Anemometer eine Verstopfung andeutete.

2454. Obgleich mehrere Mittel zur Verbesserung der Ventilirung angewendet wurden, wollte doch keines gehörig gelingen, und man sah sich daher genöthigt, zu der mechanischen Ventilirung zu greifen. Die angewendete Maschine war ein Centrifugalventilator, der von den Gefangenen in Bewegung gesetzt wurde.

2455. Der Ventilator besteht aus Blech, hat vier Flügel, 1,30 Met. Durchmesser und 1,40 Met. Breite; er saugt die Luft nur auf der einen Seite an und die Einströmungs- und Ausströmungsöffnungen haben 0,16 Quadratmet. Querschnitt. Bei einem Kurbelumgange macht er mittelst eines Vorgeleges vier Umgänge. Die Kurbel wird in zwei Secunden ein Mal gedreht. Man erlangt eine vollkommene Regelmäßigkeit der Bewegung mittelst eines Pendels, welches dem Gefangenen, der die Kurbel dreht, gegenüber angebracht ist. Bei der angegebenen Drehungsgeschwindigkeit beträgt die der Luft 4,50 Meter, welches 2850 Kubikmetern in der Stunde und 26 Kubikmet. auf die Zelle und in der Stunde entspricht. Der Widerstand ist so gering, daß die Gefangenen die Kurbel nur mit einer Hand drehen. Jeder Gefangene erhält für eine ununterbrochene zweistündige Arbeit 0,10 Frcs.; er hat daher Verdienst und eine gesunde Leibungsübung ohne große Ermüdung, weshalb auch die Arbeit eine sehr gesuchte ist.

Der Ventilator ist in eine Stellung gebracht, die bei Errichtung der abwärtsgehenden Esse vorgerichtet wurde; der Zelle der zweiten Etage gegen-

Digitized by Google

über hatte man eine Oeffnung angebracht, die mit einer um einen horizontalen Nagel beweglichen Klappe verschlossen werden konnte; in einer horizontalen Stellung verschloß sie die Esse und stellte eine Verbindung mit der Mitte des Ventilators her. Darüber war eine anemometrische Wage angebracht.

2456. Die zwischen der Verbindung der aufsteigenden Röhren und dem ringförmigen Canal dieser Ventilirung angebrachten Veränderungen waren jedoch immer noch nicht hinreichend, die Zellen regelmäßig zu lüften, weil die Luft aus den Gruben in dieselben eindringen konnte und unter gewissen atmosphärischen Verhältnissen der größte Theil der angesaugten Luft aus den Gruben kommt, welches der unträgliche Geruch derselben, der in den Ventilator strömt, beweist. Man mußte daher die Nachtstuhlsitze verändern, um ihre Verbindung mit den Gruben zu unterbrechen.

Das neue Becken besteht aus zwei concentrischen gußeisernen Gefäßen von konischer Form, ist oben und unten offen und emaillirt; das äußere Gefäß steht nach der Richtung der Achse mit dem Innern mittelst der abwärtsgehenden Röhre in Verbindung. Diese Röhre ist da wo sie anfängt mit einem Verschluß versehen, der eine Stange hält, die oben in einen Ring ausläuft; das umschließende Gefäß ist mit einer Röhre umgeben, die sich zur Decke erhebt. Das Becken ist mit einem Deckel mit Charnier verschlossen, welcher vorn eine Oeffnung zum Durchgange der Luft läßt; die abwärtsgehenden Röhren endlich tauchen in ein mit eisernen Bändern versehenes hölzernes Faß unter, um alle Verbindung der Zellen mit der Luft in den Gruben zu unterbrechen, wenn der Verschluß gehoben ist. Endlich neben dem Sitz befindet sich eine kleine Büchse von Zink, die mit einem kleinen Deckel mit Charnier versehen ist; dieselbe nimmt einen kleinen Besen auf und durch dieselbe geht die Luft, die nach der Decke strömt. Bei dieser Einrichtung strömt daher die Luft aus der Zelle durch die Oeffnung in dem Deckel in das Becken, durch den Zwischenraum zwischen den beiden Gefäßen, geht durch die Seitenröhre aus durch den kleinen Kasten, von dem wir geredet haben, und erhebt sich nach der Decke. Diese Ventilirung ist so wirksam, daß sämmtliche Gase, die sich in dem Nachtstuhl entwickeln können, sogleich fortgeführt werden.

Mittheilungen über einige andere Gefängnisse.

2457. Herr Grouvelle hat mehrere Gefängnisse mittelst warmer Luft geheizt. Die z. B. in dem Gefängnisse zu Angers, welches 250 Zellen enthält, angenommene Einrichtung ist die folgende:

Die Gebäude bestehen aus drei Flügeln von gleicher Einrichtung wie das Mazasgefängniß. Die drei Warmluftröhren sind in den Kellerräumen unter den drei Corridoren, die deren Mitte und ihre ganze Länge einnehmen, angebracht; jeder Ofen enthält 36 Quadratmet. Heizoberfläche. Die warme Luft wird durch thönerne Röhren geleitet, die in den Gewölbewinkeln angebracht sind und bis zu dem Fuß der Zellen gehen; von hier aus erhebt sich die warme Luft durch eine senkrechte Röhre, von denen jede Zelle eine besondere hat. Diese Röhren reichen bis 0,50 Met. von der Decke und strömt dort die warme Luft in gehöriger Temperatur aus, damit die Gefangenen durch diese Leitungsröhren nicht mit einander reden können. Die Röhren, mittelst deren die äußere Luft den Oefen zugeführt wird, sind

Digitized by Google

mit Registern versehen, um die Ventilirung reguliren zu können; ebenso sind auch die äußeren senkrechten Röhren, welche die warme Luft in die Zellen führen, mit einem Register versehen. Aus den Zellen strömt die Luft durch einen festen Kasten, der einen beweglichen Nachtstuhl enthält, den man zu gewissen Stunden des Tages wegnimmt; aus diesem Kasten geht die Luft in einen Canal, der zwischen Decke und Boden der Zellen angebracht ist, nach senkrechten Canälen, die sie zum untern Ende der Saugesse führen. Außer den drei erwähnten Luftwärmöfen dient ein vierter von geringerer Heizoberfläche zur Heizung der Rotunde in der Mitte der Sprechzimmer und der Bureaux. Die Apparate haben 21000 Frcs. gekostet. Außerdem hat Herr Grouvelle nach denselben Grundsätzen noch mehrere Zellengefängnisse geheizt und ventilirt. Die Kosten betragen für die Zelle etwa 100 Frcs.

Warmwasser- oder Dampfapparate würden jedenfalls in der ersten Anlage mehr kosten, allein sie würden in Beziehung auf die Benutzung weit einfacher und zweckmäßiger sein. Warmluftheizung kann nur dann angewendet werden, wenn man die Anlagekosten soviel als möglich vermindern will.

2458. René Duvoir hat mehrere andere Zellengefängnisse in Frankreich mit Heiz- und Ventilirungsapparaten versehen, von denen die meisten mit warmem Wasser mittelst einer besondern Einrichtung, von welcher wir schon (2113) gesprochen haben, gespeist werden.

Von dem obern Theil eines senkrechten Kessels, der in dem Keller angebracht ist, gehen ebenso viel Röhren aus, als Zellenreihen vorhanden sind. Diese Röhren laufen längs den Zellen in einen horizontalen Canal, der unter dem Boden der Zellen angebracht ist, und gehen bis zu den Enden, wo sie sich um sich selbst biegen, um um den Kessel herum zu gehen und eine vollständige Circulation zu bilden. Auf diesen horizontalen Röhren, welche zur Erwärmung der Zellen des Erdgeschosses dienen, sind senkrechte Röhren in Mauervertiefungen angebracht, und eine und dieselbe Röhre speist die in verschiedenen Etagen über einander liegenden Zellen. Scheider, die in den Vertiefungen in der Höhe des Bodens angebracht sind, begrenzen den Theil der Röhre, der für eine Etage gilt.

2459. Der Theil der Röhre, der in der Höhe des Erdgeschosses sich befindet, dient zur Heizung der Zellen der ersten Etage, und der in dieser befindliche Theil dient zur Heizung der zweiten.

Jede senkrechte Röhre ist mit einem Lufthahn am obern Theile versehen, der es gestattet, sie gänzlich mit Wasser zu füllen; ein Expansionsgefäß, welches in directer Verbindung mit dem Kessel steht und in dem obern Theil des Gebäudes angebracht ist, sichert dieses Resultat.

Oeffnungen in den Wänden oder Vertiefungen in der Mauer auf der Seite der Gallerie lassen Luft zu, welche sich durch Berührung mit der Röhre erwärmt, in den Canälen aufsteigt und mittelst einer Oeffnung in den untern Theil einer Zelle ausströmt; die Temperatur, welche die Luft auf ihrem Laufe angenommen hat, ertheilt ihr eine Geschwindigkeit, welche die Erneuerung der Luft in der Zelle erleichtert.

Die in die Esse durch eine an dem untern Theile angebrachte Oeffnung einströmende Luft strömt durch eine andere Oeffnung an der entgegengesetzten Wand, ebenfalls an dem untern Theil befindlich, aus, und es steht diese Oeffnung mit einem Canal in Verbindung, der zu einer allgemeinen Esse strömt, für welche ein besonderer Herd das Ansaugen bestimmt.

Digitized by Google

2460. Die Erwärmung der Luft in senkrechten Canälen, die durch rückkehrende und aufsteigende Warmwasserröhren eingenommen sind, ist vortheilhaft, wenn das erwähnte Zimmer in der Höhe des Fußbodens mit einer erwärmten Lüftungsesse in Verbindung steht, weil die Geschwindigkeit der Luft fast in jeder Etage dieselbe ist, jedoch unter der Bedingung, daß man die nöthige Vorsicht anwende, damit, wenn die Luftstrahlen in die Saugesse gelangen, sie sich nicht der Quere nach verlängern und den Querschnitt vermindern, und damit die zweckmäßig angebrachten Register die Regulirung der Ventilirung der verschiedenen Etagen gestatten. Zuweilen wird die Heizung der Luft in der Saugesse durch Warmwasserröhren bewirkt, die sich bis zu dem obern Ende ausdehnen; es ist dies eine Einrichtung, die überall da angewendet werden kann, wo der Brennmaterialverbrauch für die Ventilirung nur gering ist, und wo man einen besondern Herd vermeiden will. In Gefängnissen hat diese Einrichtung aber mehrere bedeutende Nachtheile; zuvörderst erfordert sie bedeutende Anlagekosten und dann ist auch die Ausgabe für Brennmaterialien weit größer, als wenn die Luft direct durch die Hitze eines besondern Herdes erwärmt würde, weil durch die Erwärmung des Wassers viel Wärme verloren geht; endlich aber auch, weil die Erwärmung der Luft nach und nach und in dem Maße erfolgt, als sie sich erhebt, und nur ein Theil der erlangten Wärme durch den Zug benutzt wird. Da außerdem bei dieser Einrichtung die Ventilirung mit der Heizung verbunden ist, so schwankt sie auch mit derselben, d. h. sie ist anfänglich schwach und erreicht ihre größte Wirkung an den kältesten Tagen. Es kann daher diese Einrichtung in den Zellengefängnissen, in denen die Ventilirung constant sein muß, nicht angewendet werden.

Allgemeine Bemerkungen über die Heizung und Ventilirung der Gefängnisse.

2461. Ueber die Heizung und Ventilirung in solchen Gefangenhäusern, in denen die Gefangenen zusammen leben und arbeiten, sind die Meinungen getheilt. Manche sind der Ansicht, daß es gefährlich sein würde, die Gefangenen unter besseren gesundheitlichen Verhältnissen zu halten, als dies bei den Arbeitern in Fabriken und großen Werkstätten der Fall sei, und es würde im Allgemeinen nicht zweckmäßig sein, die Lage der Gefangenen zu verbessern, weil dadurch ihre Strafe in den Augen verdorbener Menschen gemindert würde, die nur aus Furcht vor jener zurückgehalten würden. Andere dagegen nehmen an, daß die Beraubung der Freiheit, die gezwungene Arbeit, eine schlechte und oft unzureichende Nahrung und die strenge Disciplin hinreichende Strafe sei, so daß die Bedingungen des Gesundheitszustandes unbedingt erfüllt werden müßten. Der Verfasser ist umsomehr dieser letztern Meinung, da die Aufseher und andere mit dem Dienste in Gefängnissen beauftragte Leute ebenso sehr wie die Gefangenen in ungesunden Gefängnissen zu leiden haben. Deshalb hält er es für empfehlenswerth, daß in Centralgefängnissen die Schlafsäle, die Arbeitssäle, die Krankensäle, die Abtritte durch eine kräftige Ventilirung gesund erhalten werden müssen, daß man aber dieses durch die Arbeit einer gewissen Anzahl von Gefangenen, durch Bewegung von Ventilatoren, erhalten könne. Jedenfalls veranlaßt aber die Ventilirung eine weit kostbarere Heizung

Digitized by Google

und minder einfache Anlagen, als man auf den ersten Blick anzunehmen scheint.

In den Zellengefängnissen sind Heizung und Ventilirung ohne Zweifel eine anerkannte Nothwendigkeit, sowohl für solche Gefängnisse, welche nur Angeklagte, als auch für solche, welche Verurtheilte eingesperrt enthalten.

2462. Untersuchung der verschiedenen Heizmethoden. — Man hat vorgeschlagen, jede Zelle durch kleine Warmwasser- oder Dampföfen, welche von der Ventilirungsluft durchströmt werden, zu heizen; allein es würde diese Einrichtung weit mehr Anlagekosten erfordern, als wenn die Ventilirungsluft außerhalb der Zellen erwärmt wird. Man würde diese Oefen sehr vortheilhaft durch eine Warmwasser- oder Dampfröhre ersetzen, die sich in einem Canal unter oder neben den Zellen befindet und mit ihnen in Verbindung steht.

2463. Man hat die Zellen dadurch zu erheizen gesucht, daß man zuvörderst den Corridor durch Luftwärmöfen erwärmte und von hier aus die Ventilirungsluft erhielt; diese Einrichtung ist sicher die einfachste, die man anwenden kann, allein es ist dabei erforderlich, daß die Temperatur der Corridore die der Zellen weit übersteigt, denn in einer jeden derselben ist die durch die Fenster und Mauern verlorene Wärme weit bedeutender, als die von dem Gefangenen erzeugte; es würde alsdann ein großer Wärmeverlust durch die Gewölbe der Corridore und durch die Fenster an ihren Enden veranlaßt werden. Daher müssen die Zellen direct durch die Ventilirungsluft erwärmt werden, welche die zweckmäßige Temperatur erreicht hat.

2464. Neben den Dampf- und Warmwasseröfen kann man nur Warmluftöfen im Auge haben. Erstere sind bis jetzt kaum angewendet, allein man darf daraus nicht folgern, daß sie besondere Nachtheile haben würden. Man würde im Gegentheil mit den Dampföfen eine weit regelmäßigere Heizung erlangen, als mit den Warmwasseröfen, weil man mit ihnen die Temperatur der Heizoberflächen mehr nach dem Wärmegrade der Luft verändern könnte; auch würden die Anlagekosten für dieselben geringer sein, als bei den Warmwasseröfen, besonders wenn das Wasser, wie zu Mazas, durch Dampf erwärmt wird. Die Warmwasseröfen lassen sich gut anwenden, sie bewirken eine hinreichende Vertheilung der Wärme, allein sie veranlassen weit mehr Anlagekosten, als die Warmluftöfen; und die letzteren scheinen dem Verfasser die zweckmäßigsten in kleinen Gefängnissen zu sein. Würde die Ventilirung nun durch eine Dampfmaschine bewirkt, welches eine große Anstalt voraussetzt, so ist die Benutzung des Dampfes als Heizmittel von selbst gegeben.

2465. Untersuchung der verschiedenen Ventilirungssysteme. — Es giebt, wie wir bereits gesehen haben, mehrere Methoden zur Bewirkung der Ventilirung, und erst nachdem man die Vortheile und Nachtheile derselben untersucht hat, kann man die praktischste erkennen. Das hier beschriebene Heizsystem setzt voraus, daß die Ventilirung durch Ansaugen bewirkt werde. Dieses Ansaugen kann entweder durch eine mechanische Vorrichtung oder durch eine Lüftungsesse bewirkt werden. Aus den zu Mazas gemachten Erfahrungen geht hervor, daß der durchschnittliche Steinkohlenverbrauch zur Ventilirung in der Stunde 19 Kilogr. betrug, welches wenigstens 5 Pferdekräften entspricht; allein die Esse ist 30 Met.

Digitized by Google

hoch, der Temperaturüberschuß beträgt fast 20 Grad und der mechanische würde nur einen Theil der Arbeit der Esse benutzen, welcher (57) im Allgemeinen mit $\frac{aH}{2{,}118\,(1+at)}$ und im vorliegenden Falle mit 0,43 ausgedrückt wird. Wenn man daher der Esse eine Maschine substituirt, so würde sie eine Effectivkraft von $5 \times 0{,}043 = 0{,}215$ Pferdekraft erfordern; da aber stets ein Arbeitsverlust durch die Bewegungstransmission und in der Ventilirungsmaschine selbst existirt, so müßte man auf wenigstens 1 Pferdekraft rechnen und annehmen, daß weder am Eingang noch am Ausgange der Maschine eine Zunahme der Geschwindigkeit stattfindet, indem die Verengungen mehr oder weniger Arbeitsverluste veranlassen. Für das Mazasgefängniß würde ein etwas großer Centrifugalventilator oder zwei von mittleren Dimensionen, die auf einer Welle angebracht sind, hingereicht haben. Der Apparat würde in einem verschlossenen Zimmer stehen müssen, von welchem der Saugkanal ausgeht. Jeder Ventilator müßte mit einer Ausströmungsöffnung versehen sein, die mit der Esse in Verbindung stände. Die mechanische Wirkung würde nur eine sehr geringe Brennmaterialmenge verbrauchen, indem der expandirte Dampf im Winter zur Heizung und im Sommer in den Waschhäusern oder zu anderen Zwecken benutzt werden könnte. Diese letztere Betrachtung würde es gestatten, den Einströmungsöffnungen, den Cirkulationsröhren und der Ausströmungsesse die geringsten Dimensionen zu geben; denn wenn die Arbeit 3 oder 4 Pferdekräfte beträge, so könnte die Wärme des expandirten Dampfes noch nutzbar verbraucht werden. Es würden daher durch diese Einrichtung fast alle Ausgaben an Brennmaterial für die Ventilirung im Sommer und Winter erspart werden, und wir haben gesehen, daß diese Ausgaben für das Mazasgefängniß jährlich etwa 6300 Frcs. betragen. Jedoch müßte man von dieser Ersparung eine gewisse Summe für den Unterhalt der Maschine abziehen.

Wenn man außerdem berücksichtigt, daß die blasende Ventilirung nicht wie die saugende durch atmosphärische Verhältnisse beeinflußt wird, so muß man daraus folgern, daß sie bei großen Gefängnissen der saugenden Ventilirung vorgezogen werden muß. Auch bei kleineren Gefangenanstalten, welche nur eine beschränkte Anzahl von Detinirten enthalten, ist sie zweckmäßig; allein da die mechanische Arbeit alsdann sehr schwach ist, so muß man den Ventilator durch die Gefangenen selbst betreiben lassen, indem man ein leichtes Mittel anbringt, um die Anzahl der Umgänge zu befördern. Die Nachtarbeit würde einige Schwierigkeiten in disciplinarischer Beziehung haben, allein es kann durchaus nicht schwer sein, sich der Gefangenen zu bedienen, um bei Tage eine Arbeit hervorzubringen, welche bei Nacht langsam verbraucht wird, indem man das Luftvolum auf das in der Nacht Nothwendige beschränkt.

2466. Nimmt man an, daß eigenthümliche Verhältnisse die Anwendung der saugenden Ventilirung bedingen, so muß man es durchaus vermeiden, die Luft aus den Zellen durch die abwärts gehenden Röhren der Nachtstühle strömen zu lassen, indem diese Einrichtung wesentliche Nachtheile in Beziehung auf die Gesundheit hat. Wirklich ist dann die nothwendige Folge die Entleerung der gesammten, mit den Ausdünstungen der Abtrittsgruben gesättigten Ventilirungsluft in die Atmosphäre; im Mazas-Gefängniß beträgt die in einer Stunde durch die Esse ausgeströmte Luft

Digitized by Google

faſt 27000 Kubikmet. und täglich 658000 Kubikmet. Man begreift, daß, wenn die Winde dieſe vergiftete Luftmaſſe gegen die Erdoberfläche treiben, für die ganze Umgegend der Anſtalt große Nachtheile entſtehen. Man kann außerdem fürchten, daß die Abtrittsröhren gänzlich oder theilweiſe durch die Subſtanzen verſtopft werden, wodurch die Ventilirung nothwendig aufgehalten oder vermindert wird. Es iſt daher zweckmäßig, ein Becken mit Verſchluß und doppelten Wänden (2456) anzubringen, obgleich die Einrichtung von Seiten der Gefangenen eine Sorgfalt erfordert, die man vielleicht nur ſchwierig erlangen kann; es iſt aber unerläßlich, einen beſondern Canal einzurichten, der die Ventilirungsluft der Eſſe zuführt. Die Luft könnte aus jeder Etage durch Leitungen ausſtrömen, die an den Decken der Zellen, an der Seite des Corridors, innerhalb oder außerhalb, oder in dem Zwiſchenraum zwiſchen dem Boden und der Decke der unter einander liegenden Zellen (ſobald dieſe Einrichtung angenommen worden iſt, um die Gefangenen mehr von einander zu iſoliren) angebracht ſind. Jede Zelle muß mittelſt eines Regiſters am Anfange der Leitung, welche die warme Luft in die Zellen führt, ventilirt werden können.

2467. Bei großen Gefangenanſtalten ſcheint die zu Mazas angewendete Einrichtung des Saugherdes ſehr zweckmäßig zu ſein. Für kleine Gefängniſſe könnte man ſehr vortheilhaft einen Füllofen anwenden und zwar um ſo beſſer, je leichter man das Brennmaterial und folglich den Zug mittelſt Regiſter zur Regulirung des Einſtrömens der Luft in den Aſchenkaſten reguliren könnte. Jedenfalls muß die zur Verbrennung erforderliche Luft in der Saugröhre angewendet werden.

2468. Es iſt offenbar ſtets zweckmäßig, die Eſſe der Heizöfen in der Ventilirungseſſe anzubringen. Wegen der Berechnung der zur Heizung erforderlichen Wärmemenge und der in der Lüftungseſſe zu überwindenden Widerſtände verweiſen wir auf das zweite und auf das ſechſte Buch.

2469. Alles hier Geſagte ſetzt voraus, daß die Heizungs- und Ventilirungseinrichtungen vor dem Bau des Gebäudes getroffen ſind, und daß beide in Uebereinſtimmung ausgeführt werden. Wenn aber das Gefängniß ohne irgend einen Entwurf zur Heizung und Ventilirung ausgeführt würde, ſo muß man die am wenigſten unguͤnſtige und die am meiſten practiſche Einrichtung zu treffen ſuchen. Die blaſende Ventilirung würde in dieſem Fall, da ſie minder weite Canäle erfordert, die am häufigſten anzuwendende ſein.

2470. Bei allen Syſtemen iſt es ſehr zweckmäßig, zur Controle des Heizers Apparate anzuwenden, welche in jedem Augenblick die Beſchaffenheit der Ventilirung angeben, auch iſt es ſehr nützlich, ein Inſtrument zu haben, welches die Menge der Ventilirung anzeigt.

Von der Art der Ventilirung mittelſt eines Warmwaſſerofens und einer von der Decke ausgehenden Eſſe reden wir hier nicht, da dies bereits hinlänglich weiter oben bei dem Mazas-Gefängniß geſchehen iſt und weil wir weiter unten bei den Hoſpitälern darauf zurückkommen. Wir bemerken nur, daß durch dieſe Einrichtung die Anlagekoſten höher werden, als wenn die Heizung durch Warmluftöfen bewirkt wird. Die Ventilirung iſt im Winter wenigſtens doppelt und im Sommer fünf Mal ſo theuer, als bei einer von der Sohle ausgehenden Eſſe.

Digitized by Google

Sechstes Capitel.

Von der Heizung und Ventilirung der Spitäler und Krankenhäuser.

2471. Von allen öffentlichen Anstalten sind die Hospitäler diejenigen, bei welchen eine gute Heizung und Ventilirung einer der wichtigsten Punkte ist, und dennoch hat man sich mit dieser Frage erst seit wenigen Jahren beschäftigt. Gewöhnlich begnügen sich die Architekten damit, die Säle recht hoch zu machen und den Gebäuden ein monumentales Ansehen zu geben, während sie sich mit den Gesundheitsbedingungen durchaus nicht beschäftigen. Die gute Haltung der Anstalten, die dort herrschende Reinlichkeit tragen zur Lüftung wenig bei; man muß nur Morgens vor Oeffnung der Fenster auf einen Krankensaal kommen, um aus dem uns zu ersticken drohenden giftigen Geruch zu erkennen, wie ungesund die dort einzuathmende Luft ist.

2472. Bedenkt man, welchen Einfluß diese stagnirende, durch die Respiration, die Ausdünstungen der Luft und der Lungen, so wie durch Emanationen und Auswürfe aller Art verdorbene Luft auf die Kranken haben muß, so kann man nicht daran zweifeln, daß die besondern Krankheiten der Hospitäler, der Charakter, den gewisse Uebel annehmen, die langsame Heilung vieler Krankheiten nur von dem Mangel an einer regelmäßigen Ventilirung herrühren müssen. Man kann es kaum begreifen, wie ein für die Gesundheit so trauriger Zustand der Dinge so lange gedauert haben kann, ohne die Aufmerksamkeit der Aerzte und der Verwaltungen zu erregen. In England hat man seit Anfang dieses Jahrhunderts verschiedene Versuche zur Abhülfe dieser Mängel gemacht; in Frankreich hat man sich mit dieser Frage später beschäftigt, doch hat man hier wesentliche Fortschritte gemacht, und es scheint uns, daß man darin in Frankreich weiter ist, als in allen anderen Ländern.

2473. Bis zum Jahre 1840 gab es, so viel der Verfasser weiß, in Frankreich kein regelmäßig geheiztes und ventilirtes Hospital. Am häufigsten wurde die Heizung mit einfachen Oefen bewirkt, die man mit Holz feuerte, und die dazu eingerichtet waren, die Medizinen warm zu erhalten, die auch zuweilen Einrichtungen zum Wärmen der Wäsche hatten. Von einer Ventilirung war niemals die Rede.

In den besser eingerichteten Hospitälern bildeten einige von diesen Oefen Luftwärmeöfen, bei denen die äußere Luft aufgefangen wurde, und welche eine ähnliche Einrichtung, wie die (1595) beschriebenen, hatten; allein die Mittel zur Auffangung der Luft waren unzureichend, auch war keines angewendet, um die verdorbene Luft fortschaffen zu können, wenn nicht einige Klappen in den Fenstern angebracht waren. Man war daher zur Vertreibung der schlechten Luft auf die ursprünglichste und unvollkommenste, im Winter zuweilen gefährliche Methode angewiesen, welche darin besteht, in gewissen Zeiträumen die Fenster zu öffnen. Die Luftwärmeöfen, selbst wenn sie mit hinreichenden Oeffnungen zum Ein- und Ausströmen der Luft versehen sind, können nur bei kleinen Anstalten genügen, auch gewähren sie im Sommer keine Ventilation.

Digitized by Google

2474. Für große Anstalten, bei denen es wegen Anhäufung der Kranken an einem und demselben Orte weit wichtiger ist, eine regelmäßige und sichere Ventilirung zu haben, ist es zweckmäßiger, ein allgemeines System der Heizung und Ventilirung für alle Jahreszeiten anzunehmen.

Bei kleinen Hospitälern wollen wir uns nicht aufhalten; sie können wie die Aufenthaltssäle geheizt und ventilirt werden; nur muß die Ventilirung eine etwas wirksame sein. Die Apparate, von denen wir weiter unten bei den Schulhäusern reden, sind für die kleinen Hospitäler ebenfalls zweckmäßig; nur wegen der Ventilirung im Sommer bleibt Manches zu wünschen übrig.

Das Spital zu Charenton.

2475. Die Nothwendigkeit eines allgemeinen Heizsystems wurde zuerst bei dem Neubau des Irrenhauses zu Charenton empfunden. Wegen der eigenthümlichen Beschaffenheit der Kranken, die man in einem Irrenhause behandelt, war es eine der wesentlichsten Bedingungen, die Heizung durchaus nicht in den Händen der Geisteskranken zu lassen; man vermied es daher, in den Wohn- und Schlafsälen Oefen mit directer Heizung anzubringen. Zur Zeit des Umbaues der Anstalt hatte die Warmwasserheizung in England viele Vertheidiger, und aus diesen und aus mehreren anderen Gründen wurde sie daher zu Charenton angenommen und von Herrn Leon Duvoir-Leblanc ausgeführt.

2476. Die Gebäude zu Charenton bestehen aus Zellenreihen von 40 Kubikmet. Inhalt, die im Erdgeschoß liegen und einerseits auf eine offene Gallerie und andererseits auf einen verschlossenen Gang ausgehen. Ein Canal in dem Boden der Gänge enthält die Warmwasserröhren und nimmt die äußere Luft auf, welche alsdann durch Canäle in der Mauer, die sich in einer Höhe von 2 Met. öffnen, ausströmt. Die in den Zellen befindliche Luft strömt durch Oeffnungen in dem Boden aus und begiebt sich in einen weiten, darunter angebrachten Canal, der in den Aschenfall des Ofens ausläuft. Die gemeinschaftlichen Heizräume sind mit Warmwasseröfen versehen.

2477. Wir haben bereits (2072) von der Ventilirung durch den Aschenfall des Kesselofens geredet und begreiflich gemacht, wie unwirksam, unregelmäßig und kostbar sie sei. Es ist daher nicht auffallend, daß man diese Ventilirung später in Charenton aufgegeben hat. Was aber die Warmwasserheizung betrifft, so haben wir unsere Meinung darüber schon weiter oben ausgesprochen.

2478 bis 2481. Die Nachtheile dieser Heizung und Ventilirung durch den Aschenfall wurden von der Untersuchungskommission nicht gehörig berücksichtigt, und dies war der Grund, warum man sich für ihre Einführung entschied. Herr Peclet theilt in mehreren Paragraphen Gutachten verschiedener Commissionen über dieses Heizungs- und Ventilirungssystem mit; da sie aber sämmtlich darauf hinausgehen, das Unzweckmäßige dieses Systems nachzuweisen, welches schon weiter oben hinreichend geschehen ist, so theilen wir diese für unsere Leser uninteressanten Gegenstände nicht weiter mit und würden diese Paragraphen auch ganz unberücksichtigt lassen, wenn wir nicht der Verweisung wegen hier dieselbe Reihenfolge wie im französischen Original beibehalten müßten.

Digitized by Google

Das Hospital Beaujon.

2482. Ein Pavillon von diesem Hospital ist ebenfalls von Herrn Duvoir-Leblanc mit einer Heizung und Ventilirung versehen. Die Apparate haben dieselbe Einrichtung wie in dem Entwurf desselben Unternehmers für das Mazas-Gefängniß, ein Projekt, welches, wie schon bemerkt, verworfen wurde. Diese Einrichtung besteht darin, die Ventilirungsluft durch Oefen in den Sälen zu erwärmen und die verdorbene Luft durch Essen fortzuschaffen, die sich in der Ebene des Bodens öffnen und in eine centrale Esse an den Decken ausgehen, die einen Warmwasserofen mit großer Heizoberfläche enthält, welcher zu gleicher Zeit als Expansionsgefäß dient. Von diesem Ofen gehen verschiedene Röhren mit warmem Wasser in die Heizöfen nieder. Die Aufstellung dieser Apparate bildete eine offenbare Verbesserung gegen die früher vorhandenen schlechten Oefen, und die auf diese Weise herbeigeführte Heizung und Ventilirung war weit gesünder; nur war die Ventilirung nicht wirksam genug, um den Geruch, den einige besondere Krankheiten veranlassen, hinlänglich zu vertreiben.

Das Necker-Hospital.

2483. In diesem Hospital wird ein Pavillon auch mit Apparaten von Duvoir-Leblanc geheizt und ventilirt, welcher dieselbe Einrichtung hat wie der zu Beaujon. Das Hospital enthält zwei Pavillons, von denen jeder aus einem Erdgeschoß und zwei Etagen zusammengesetzt ist; die gesammte Anzahl der Krankenbetten beträgt 167. Der Unternehmer hatte sich contractlich verbindlich gemacht, während der sieben Monate, in denen gefeuert werden muß, eine Temperatur von 15° in den Sälen zu unterhalten und bei Tage und bei Nacht eine höhere Ventilirung als 60 Kubikmet. Luft auf den Kranken und in der Stunde für den mittleren Preis von 15 Frcs. täglich zu erzeugen. Die Ventilirung im Sommer sollte durch 100 Kilogr. Steinkohlen, welche die Verwaltung lieferte, bewirkt werden. Die Abnahme der Apparate erfolgte von einer Commission, und es wurden vom Januar bis Mai Versuche damit angestellt, nur nicht über die Sommerventilirung.

2484. Die entweichende Hitze, welche stets weniger als $^1/_4$ von der verwendeten beträgt, wird noch zur Ofenheizung, zum Wärmen der Medizin u. s. w. benutzt.

Das Hospital Lariboisière.

2485. Das bedeutendste und wichtigste Beispiel einer Ventilirung, welches wir mittheilen können, ist die des Hospitals Lariboisière zu Paris, früher Hospital des Nordens genannt. Zur Einrichtung dieser Heizung und Ventilirung wurde von der Verwaltung eine Concurrenz ausgeschrieben und die eingegangenen Entwürfe wurden einer Commission zur Beurtheilung vorgelegt.

2486. Es gingen vier Projecte ein: eines von Herrn René Duvoir, ein anderes von Herrn Leon Duvoir, ein drittes von Herrn Grouvelle und ein viertes von den Herren Thomas und Laurens.

Digitized by Google

Der letzte Entwurf wurde vorangestellt und in seiner Gesammtheit, sowie für die Ventilirung angenommen. Die Dampfheizung allein nahm die Commission nicht an, indem man einer vereinigten Dampf- und Warmwasserheizung; nach dem Verfahren von Grouvelle den Vorzug gab; es wird dabei das Wasser mittelst des Dampfes erwärmt.

Der Entwurf zur Heizung mit Warmluftöfen von René Duvoir wurde als unzweckmäßig für ein Hospital verworfen.

2487. Der Entwurf von Leon Duvoir bestand wie gewöhnlich aus einer Warmwasserheizung durch Circulation, das Expansionsgefäß war im Dach in der Mitte einer Lüftungsesse angebracht, wo es die Luft bei ihrem Ausströmen erwärmte und folglich die Ventilirung hervorbrachte.

2488. Das Project des Herrn Grouvelle bewirkte die Heizung durch Warmwasseröfen und das warme Wasser war durch Hochdruckdämpfe hervorgebracht; die Ventilation wurde durch eine Saugesse von derselben Einrichtung wie zu Mazas bewirkt.

2489. Das Project von Thomas und Laurens hatte blasende Ventilirung, welche durch einen von einer Dampfmaschine bewegten Ventilator bewirkt wurde. Die Heizung erfolgte durch Niederdruckdämpfe, die von der Maschine ausströmen oder aus dem Kessel kommen; allein die spätere Hinzufügung von Warmwasseröfen nach dem Grouvell e'schen Verfahren war die Veranlassung, daß die Dampfheizung direct wirkte.

2490. Diese mechanische Ventilirung mit Dampfheizung mittelst Warmwasseröfen, die in den Kranken- und in den Spazierſälen aufgestellt wurden, erhielt die Zustimmung der Commission, und Alles sprach für die Annahme dieses Projects. Später wurden drei Pavillons mit den Apparaten von Leon Duvoir versehen, während die übrigen solche von Thomas und Laurens hatten.

2491. Die Fig. 591. giebt einen Grundriß von der Hälfte des Hospitals Lariboisière. Die Kranken sind in sechs einzeln stehenden Pavillons untergebracht; dieselben liegen mehr als 20 Met. von einander entfernt. Drei liegen rechts von dem großen mittleren Hofe von 115 Met. Länge und 45 Met. Breite und die drei übrigen liegen links von demselben Hofe, den erstern gegenüber. Jeder Pavillon enthält drei Krankensäle im Erdgeschoß, in der ersten und zweiten Etage, jeder Saal enthält 32 Betten und am Ende eines jeden Saales befindet sich ein reservirtes Zimmer mit zwei Betten. Jeder Pavillon enthält daher 102 Betten und das ganze Hospital 612. Wärmezimmer P, P, P; Säle zum Spazierengehen oder Speisesäle befinden sich vier zu beiden Seiten der Pavillons und verbinden dieselben mit einander. Bei ansteckenden Krankheiten verwandelt man die Wärmezimmer in Krankensäle und zuweilen bringt man noch einige Betten am Ende der Säle an. l f ist ein Gebäude von mehreren Etagen, eine große Waschanstalt und Waschkammern; das damit zusammenhängende Gebäude N enthält die großen Säle für die barmherzigen Schwestern und ihre Krankenzimmer. Die Gebäude QQ, welche zu beiden Seiten der Kapelle v angebracht sind, enthalten die gewöhnlichen Wasserbäder der Männer und Frauen; i und g sind Dampfbäder, und dann befinden sich auch dort noch die Sectionssäle. Rechts und links von dem Eingange des Hospitals liegen die Verwaltungsgebäude, wozu auch Apotheke und Küchen gehören. Die Pavillons Nr. 2, 4 u. 6 enthalten die Krankensäle für Männer, und die gegenüberliegenden, welche die Nummern 1, 3 u. 5 tragen, die der Frauen.

Digitized by Google

Diese letzteren Pavillons wurden für die Apparate Duvoir's bestimmt, während die rechts liegenden und alle zum Dienst des Hospitals gehörigen Anstalten, das Waschhaus, die Wasser- und Dampfbäder, das Schwesternhaus, mittelst des neuen Systems, welches Laurens anwendete, geheizt werden sollten. Eine Mauer umschließt alle Gebäude der Anstalt, die mit der Außenwelt nur durch Thore und Pforten in Verbindung steht.

Die Apparate von Duvoir Leblanc.

2492. Wir wollen uns etwas näher mit diesem Apparat beschäftigen, da er als der neueste, den dieser Constructeur aufgestellt hat, mit Verbesserungen versehen ist; endlich weil mehrere andere Apparate dieser Art in anderen Anstalten vorhanden sind. Wichtiger aber noch ist der Umstand, daß man durch Untersuchung des vorliegenden Apparates in den Stand gesetzt wird, die Ventilirung durch Ansaugen an und für sich, die Herr Duvoir angewendet hat, kennen zu lernen. Man ist im Stande, entscheidende Angaben über den innern und über den relativen Werth der Ventilirung durch Ansaugen und durch Blasen zu erlangen.

2493. Die Figg. 588 u. 589 stellen den Längendurchschnitt eines von Herrn Duvoir geheizten Pavillons dar. Die Fig. 590 ist der Durchschnitt der Lüftungsesse.

A, Glocke, welche als Ofen zum pharmaceutischen Gebrauch, zum Sieden des Wassers, zur Heizung und Ventilirung dient.

a, Herd, welcher die Siederöhren ff und die Blase b heizt.

c, Ofen.

d, Aschenfall des Ofens A.

ff, Siederöhren, welche das Wasser wärmen, das in den Sälen benutzt wird und in dem Behälter G befindlich ist.

BBB, Schlangenröhren, die aufwärts führen und zu gleicher Zeit den Rauch der Oefen A und a benutzen.

C, Verlängerung der Rauchröhren.

D, Canal rings um die Rauchröhren, zu welchem die Ventilirungsröhren aus den Promenadensälen und dem Schwesterhause führen.

F, Oefen für den Dienst der Säle, die durch das Wasser des Kessels erwärmt werden.

G, Behälter zur Vertheilung des warmen Wassers.

HH, aufsteigende Röhre, welche von den Siedern ff ausgeht und das Wasser in dem Behälter G erwärmt.

II, Vertheilungsröhre, welche von dem Behälter G ausgeht und zu den Siedern zurückkehrt.

JJ, Hähne zur Vertheilung des Wassers.

KK, obere Behälter (Fig. 590), die zur Heizung und Ventilirung dienen.

LL, Röhren, welche von dem Kessel ausgehen und die beiden Behälter K speisen.

PP, Warmwasserröhren zur Heizung der Säle.

VV, Ventilirungscanäle, die im Winter unten und im Sommer oben offen sind, indem sie mit blechernen Thüren verschlossen werden. Diese Canäle vereinigen sich sämmtlich in der Saugesse nach der in Fig. 590 angegebenen Weise.

Digitized by Google

O, gußeisernes halbkugelförmiges Becken, welches mit Waſſer angefüllt iſt und die Fallröhren der Abtritte aufnimmt; dieſes einen Heber bildende Becken hat den Zweck, das Aufſteigen des Geruches aus der Abtrittsgrube nach den Cabinetten zu verhindern.

RR, Abtrittsbecken von emaillirtem Gußeiſen.

SS, gußeiſerne Becken, welche mit dem letztern in Verbindung ſtehen, und von denen die Ventilirungsröhren T,T, ſowie die Fallröhren U,U ausgehen.

VV, Ventilirungsröhren von Ziegelſteinen, welche die Röhren T aufnehmen.

XX, gemauerter Raum, welcher das große Becken O umgiebt, damit der Unrath in die Grube abfließen kann.

2494. Die Abbildungen ſind in vieler Beziehung unvollſtändig, allein es iſt dem Verfaſſer möglich geweſen, bei der Beſchreibung Verbeſſerungen anzubringen. So iſt der Ofen A, der auf der Fig. 588 ganz beſonders hervortritt, nur ein Nebenapparat.

2495. Die Oefen ſind 1,50 Met. hoch und 0,79 Met. weit; es beträgt daher die äußere Oberfläche eines jeden Ofens 4,13 Quadratmet. Die geſammte Heizoberfläche eines Saales beläuft ſich daher auf 16,52 Quadratmet. Der Ofen für die Zimmer mit 2 Betten iſt 0,52 Met. weit und 1,37 Met. hoch; es beträgt daher die freie Oberfläche des Ofens 2,82 Quadratmet. In dem Saal im Erdgeſchoß haben die 18 Oeffnungen, durch welche Luft ausſtrömt, 0,30 auf 0,30 Met. oder 0,09 Quadrat-Met. Oberfläche, und die Summe dieſer Oberflächen der Ausſtrömungsöffnungen iſt $0{,}09 \times 18 = 1{,}62$ Quadratmet.; die Ausſtrömungsöffnungen in dem kleinen Zimmer hat 0,30 auf 0,22 Met. und folglich 0,66 Quadratmet. Oberfläche. In dem Krankenſaal der erſten Etage haben die 18 Ausſtrömungsöffnungen der Luft 0,295 auf 0,235 Met., d. h. 0,069 Quadratmet. Oberfläche; und die geſammte Summe der Ausſtrömungsöffnungen iſt $0{,}069 \times 18 = 1{,}24$ Quadratmet. Die Oeffnung in dem Zimmer mit zwei Betten hat 0,25 auf 0,27 und 0,069 Quadratmet. Oberfläche. In dem Krankenſaale der zweiten Etage haben die 18 Ausſtrömungsöffnungen 0,30 auf 0,250 Met. Weite, daher 0,0675 Quadratmet. Oberfläche; die geſammte Oberfläche dieſer Oeffnungen beträgt daher $0{,}0675 \times 18 = 1{,}215$ Quadratmet., die Oeffnung im kleinen Zimmer beträgt 0,25 auf 0,265 Met. und daher 0,066 Quadratmet. Oberfläche. Demnach beträgt die Geſammtſumme der Einſtrömungsöffnungen der Luft mit drei Etagen 0,2824 Quadratmet. + 0,061 Quadratmet. = 0,343 Quadratmet.; die Geſammtſumme der Ausgangsöffnungen im Erdgeſchoß beträgt $1{,}62 + 0{,}066 = 1{,}686$ Quadratmet., die der erſten Etage beträgt $1{,}24 + 0{,}066 = 1{,}306$ Quadratmet. Die concentriſchen Cylinder, welche das Expanſionsgefäß in der Sauggeſſe bilden, ſind faſt 1,60 Met. hoch und 0,75 Met., 1 Met., 1,25 Met., 1,50 Met. und 1,75 Met. weit, die Geſammtoberfläche der Gefäße beträgt, Alles inbegriffen, faſt 41 Quadratmet., wovon 14 der freien Ausſtrahlung zufallen. Die eiſernen Röhren werden etwa 5 Centimet. weit ſein. Der Ausſchnitt der Eſſe in der Höhe der äußern Oeffnung, durch die man das Anemometer eingeführt hat, beträgt 2,2 Quadratmeter.

2496. Aus dem Commiſſionsberichte entnimmt der Verfaſſer noch Folgendes: Die Verſuche betrafen nur die Temperatur in den Sälen und

Digitized by Google

die Stärke der Ventilirung, in der Saugesse gemessen. Ein mit dem Unternehmer abgeschlossener Contract regulirt die jährlichen Kosten für die Heizung, weshalb der Kohlenverbrauch und die Unterhaltungskosten von den Untersuchungen der Commission ausgeschlossen blieben.

Die angewendeten Instrumente waren die Quecksilberthermometer und die Anemometer von Combes, sowohl die einfachen als auch die mit multiplen Rädern, um die Dauer der Beobachtung verlängern zu können.

Eine im Winter von 1854 auf 1855 wiederholt vorgenommene Temperaturverminderung in den Krankensälen, hauptsächlich während der Nacht, veranlaßte Klagen; die Commission erklärte aber, daß die Vorkommnisse weit eher dem Heizer, als dem Apparat selbst zuzuschreiben seien, indem der letztere im Stande sei, eine höhere Temperatur als 15° zu unterhalten. Auch über ungleichförmige Temperatur in den verschiedenen Etagen wurde geklagt, indem in der oberen Etage eine Wärme von 20° herrschte, wenn im Erdgeschoß noch nicht 15° erreicht wurden. Die Commission war der Meinung, daß diese ungleichartige Temperatur durch eine genaue Aufsicht vermieden werden könne. Dennoch ist dies nicht der Fall gewesen und die Klagen haben sich häufig wiederholt.

2497. In Beziehung auf die Ventilirung hat die Commission bestätigt, daß das durch die Esse angesaugte Luftvolum stets höher als dasjenige sei, welches in die Säle durch die Eintrittsöffnungen einströmt und von der Luft herrührt, die durch die Spalten der Thüren und Fenster eindringt. In dem Contract mit dem Unternehmer ist dieser Fall aber nicht vorhergesehen, und da in dem Vorliegenden die Säle von einander getrennt sind, so kann die verdorbene Luft aus dem einen in den andern nicht eindringen, was bei diesem Ueberschuß der Luft in benachbarten Sälen leicht der Fall sein würde.

2498. Es giebt dies aber einen Fingerzeig, daß bei Contracten dieser Art die Zahl der Ventilirung durch die Oefen, welche leicht gemessen werden kann, stets angegeben wird; ferner daß man auf die Construction eines Apparates denkt, der in der Saugesse angebracht wird und uns mittelst eines Zeigers annähernd angiebt, ob die Ventilirung größer oder geringer, als erforderlich, ist. Ein solches Instrument würde für die Verwaltungen solcher Anstalten von großem Nutzen sein, indem es die Ventilirung ebenso controliren könnte, wie das Thermometer die Temperatur.

Es wird durch diesen Wunsch nach einem solchen Instrument auch bewiesen, wie die Verwaltungen über die Wirksamkeit gewisser Ventilirung durch Ansaugen getäuscht werden können. Ein wie ein Thermometer wirkendes Instrument existirt zur Messung der Ventilirung noch nicht, allein würde es erfunden, so könnte damit doch noch nicht die Frage absolut gelöst werden. Es würde dadurch nur die Ventilirung in der Saugesse bestimmt werden können, und diese steht durchaus nicht im constanten Verhältniß zu den verschiedenen Localitäten oder verschiedenen Zeiten, zu einem und demselben Raume und zu der wirklichen und nutzbaren Ventilirung; es würde dadurch die *scheinbare* und nicht die *wirkliche* Ventilirung angegeben werden.

2499. Die Ventilirung der Pavillons, auf den Kranken und auf die Stunde bestimmt, hat 64 bis 93 Kubikmet. gegeben, während 60 Kubikmet. im Contract bestimmt worden waren. Diese Ventilirung ist von der Gesammtmenge der durch die Saugesse ausgeströmten Luft abgeleitet.

Digitized by Google

Die im Gegentheil von der Luftmenge, welche die Oefenöffnungen durchſtrömt d. h. die durch die regelmäßigen Eingänge der Luft herbeigeführte Ventilirung beträgt auf den Kranken 45 bis 50 Kubikmeter.

Das Ausſtrömen der Luft durch die Ausgänge einzelner Säle hat ſehr große Verſchiedenheiten gezeigt, ſelbſt in ſehr nahe liegenden Zeiten; die größten Verſchiedenheiten beliefen ſich auf 40 bis 110 Kubikmeter.

2500. Es bezeichnen daher die angegebenen 40 bis 50 Kubikmet. nicht einmal mit Sicherheit die von jedem Kranken erhaltene Ventilirungsmenge; manche erhielten weit weniger und manche weit mehr.

2501. Die Commiſſion entſchied ſich dahin, daß das Ventilirungsſyſtem des Herrn Leon Duvoir nur dann die contractlich feſtgeſtellten Bedingungen erfüllen kann, wenn man die Ventilirung aus der von der Eſſe ausgeſtrömten Luftmenge und nicht aus dem Volum der durch den Apparat eingeſtrömten friſchen Luft ableitet.

Ueber die Ventilirung in den warmen Sommermonaten ſind keine Verſuche angeſtellt worden.

2502. Weit ſpeciellere und zahlreichere Verſuche, die ſich auf eine Vergleichung der beiden in dem Hoſpital zu Lariboiſière befolgten Methoden beziehen, hat der Apotheker der Anſtalt, Herrn Graſſi, mit vieler Sorgfalt und Parteiloſigkeit angeſtellt. Sie haben den Zweck, die durch die Oefenöffnungen in die Säle eingeſtrömten Luftmengen, ſowie die durch die Saugeſſe ausgeſtrömte zu meſſen, und Graſſi hat ſich dabei der Combes'ſchen Anemometer bedient.

2503. Ventilirung ohne Heizung. — Nimmt man die Durchſchnittszahlen der Verſuche, ſo findet man für die durch die Oefen geſtrömten Luftmengen auf den Kranken und in der Stunde:

Im Erdgeſchoß.	In der 1. Etage.	In der 2. Etage.	Durchſchnitt.	Verhältniß.
21,6 Kubikmet.	25,6 Kubikmet.	18,7 Kubikmet.	21,6 Kubikmet.	1.

Für die Volumina, die auf den Kranken und in der Stunde ausgeſtrömt ſind:

82,3 Kubikmet.	84,4 Kubikmet.	55,3 Kubikmet.	47,0 Kubikmet.	3,4

Für die durch die Thüren und Fenſterſpalten eingedrungenen Volumina:

60,7 Kubikmet.	59,8 Kubikmet.	36,6 Kubikmet.	52,4 Kubikmet.	2,4

Vergleicht man die aus den Sälen ausgeſtrömten Luftmengen, die durch die Saugeſſe entwichen ſind, ſo findet man nach den Graſſi'ſchen Verſuchen, daß vom Bodenraum in die Saugeſſe auf den Kranken und in der Stunde 8,8 Kubikmet. Luft eingeſtrömt ſind.

2504. Es muß bemerkt werden, daß dieſe Verſuche, die ſich auf die Ventilirung im Sommer zu beziehen ſcheinen, da ſie ohne Heizung angeſtellt worden ſind, bei einer Ventilirung durch Anſaugen nicht dasjenige ausdrücken können, was unter ſehr verſchiedenartigen Wärmeverhältniſſen vor ſich geht.

Die beobachteten Verhältniſſe ſprachen weit mehr für die Duvoir'ſchen Apparate, als dies eigentlich in der warmen Jahreszeit möglich iſt; denn die höchſte äußere Temperatur bei dieſen äußeren Beobachtungen betrug nur 14 Grad, während ſie die übrigen 5 Mal fortwährend geringer war und ſelbſt bis auf 6 Grad hinabging.

Digitized by Google

Es muß auch bemerkt werden, daß die Temperatur der geheizten Säle um 4, 5 und 6 Grad höher war, als die der äußern Luft. Die aufgefangene frische Luft war im Allgemeinen von derselben Temperatur, wie die beobachtete äußere. Man sieht daher, daß bei dieser Art der Ventilirung durch Ansaugen im Sommer eine frische Atmosphäre, die von so günstiger Einwirkung auf die Kranken sein würde, nicht erreicht werden kann.

2505. Ventilirung und Heizung. — Man erhält aus den Graffi'schen Versuchen, wenn man nur die Durchschnittszahlen nimmt, folgende Resultate:

Für die Volumina, die durch die Oefen auf den Kranken und in der Stunde einströmen:

26,0 K.-M. 43,7 K.-M. 35,5 K.-M. 34,0 K.-M. 1.

Für die Volumina der auf den Kranken und in der Stunde ausgeströmten Luft:

76,3 K.-M. 87,2 K.-M. 83,7 K.-M. 82,4 K.-M. 2,42.

Für die Luftvolumina', die durch die Thür- und Fensterspalten auf den Kranken und in der Stunde ausgeströmt sind:

50,3 K.-M. 43,5 K.-M. 48,2 K.-M. 47,3 K.-M. 1,39.

Luftvolumina, die von dem Boden in die Esse gelangen, auf den Kranken und in der Stunde:

18,50 K-M. 18,50 K.-M. 18,50 K.-M. . . . . .

2506. Herr Graffi hat alsdann untersucht, ob die Ventilirung eines jeden Saales mittelst der verschiedenen Ausströmungsöffnungen regelmäßig sei, und dabei die Luftvolumina beobachtet, die aus den neuen Oeffnungen auf einer Seite desselben Saales ausgeströmt sind. Aus dem Saale im Erdgeschoß strömten durchschnittlich 195 Kubikmet., während die Mengen von 204 bis 248 Kubikmet. schwankten; aus dem Saal in der ersten Etage betrug das durchschnittliche Volum 140 Kubikmet., während die Mengen zwischen 77 und 248 Kubikmet. schwankten. Aus dem Saal in der zweiten Etage strömten durchschnittlich 170 Kubikmet. aus, während die geringste und die größte Menge 73 und 226 Kubikmet. betrugen.

Man ersieht hieraus, daß die aus den verschiedenen Entleerungscanälen ausgeströmten Luftmengen sehr verschieden von einander sind. Diese Unterschiede entsprechen aber auch gleichen Schwankungen an den verschiedenen Punkten der Säle. Es ist dies ein Nachtheil, den man übrigens heben kann. Der obere Theil der Canäle hat ein Register, welches man mehr oder weniger öffnen kann, um durch einen kleinen Querschnitt des Canals die zu große Geschwindigkeit der Luft auszugleichen. Herr Graffi ist der Meinung, daß man die Ventilirung auf diese Weise wahrscheinlich noch nicht zu reguliren versucht habe, indem die Register stets vollständig geöffnet waren.

Diese Folgerungen sind jedoch nicht zulässig, denn wenn durch eine zweckmäßige Stellung jedes Registers die Ventilirung geregelt worden wäre, so würde die Wirkung einer jeden Oeffnung auf die geringste Zahl 73 zurückgebracht worden sein, während der mittlere Werth des Ansaugens der zwei Etagen 173 Kubikmet. ist und die mittlere Ventilirung in dem Verhältniß von 173 : 172 vermindert worden sein würde. Sie würde daher 0,42 von ihrem jetzigen mittleren Werthe werden, und da sie 82,4 Kubikmet.

Digitized by Google

beträgt, so würde sie sich auf 34,6 Kubikmet. reducirt finden. Es würde demnach die Commission, welche die Ventilirung auf das Bett zu mehr als 60 Kubikmet. angenommen hat, nur etwa 34 Kubikmet. gefunden haben, wenn eine Regulirung durch Register bewirkt worden wäre.

2507. Herr Graffi hat darauf den Einfluß der Thür- und Fensteröffnungen auf die Ventilirung untersucht. Er hat das Ansaugen durch diese Oeffnungen im Erdgeschoßsaal beobachtet, wenn die Thüren und Fenster verschlossen waren, oder wenn man die Eingangsthür oder die beiden der Oeffnung benachbarten Fenster, oder die beiden vorderen und die beiden hinteren Fenster öffnete. Er hat für die unter diesen verschiedenen Verhältnissen angesaugten Luftmengen 119, 134, 170, 169 und 156 Kubikmet. gefunden. Die Oeffnung der Thüren und Fenster verändert daher die Ventilirung vollständig, wovon man die Ursache leicht begreift, da die Luft alsdann keinen Widerstand findet und unbehindert in das Zimmer eindringen kann.

2508. Der Experimentator hat außerdem bestätigt, daß die Oeffnung der Fenster einen großen Einfluß auf das Volum der frischen Luft, die von den Ofenöffnungen angesaugt wird, hat; bei einer Reihe von Versuchen, die er bei den vier Oefen des Saales im Erdgeschoß, bei verschlossenen Thüren und Fenstern, sowie bei zwei geöffneten Fenstern, angestellt hat, war die im letzten Falle angesaugte Luftmenge um $^1/_6$ geringer, als die im ersten Falle.

2509. Endlich hat auch Herr Graffi den Einfluß der geöffneten Fenster eines Saales auf die Ventilirung der übrigen Säle, deren Thüren und Fenster verschlossen waren, beobachtet, und gefunden, daß dieser Einfluß ganz unbedeutend sei.

2510. Diese verschiedenen Versuche bestätigen diejenigen, welche die Herren Thomas und Laurens zu der mechanischen Ventilirung veranlaßt hatten; sie haben sich dabei stets auf den Grund gestützt, daß die zufällig durch die Thüren und Fenster oder durch die sonstigen Undichtigkeiten eines Gebäudes einströmende Luft, was man auch sonst darüber gesagt haben möge, keinen nützlichen Einfluß auf die Ventilirung habe. Wenn sie in der Nähe der Ausgangsöffnungen einströmt, so gelangt sie unmittelbar zu jenen, ohne sich mit der Luft im Saale vermischt zu haben. Dies hat auch Herr Graffi beobachtet, indem er hinzufügt, daß diese Luft den Kopf des Kranken umströmt, ohne daß man voraussetzen kann, sie sei stets rein, da sie auch in den Höfen und Corridoren aufgefangen sein kann. Kurz, es läßt sich sehr Vieles zum Beweise des Satzes anführen, daß die Ventilirung durch Ansaugen bei Weitem weniger zweckmäßig sei, als die durch Blasen.

2511. Der Experimentator bedauert, daß die Messung der Luft von Seiten der Commission nur in der Lüftungsesse und nicht beim Einströmen stattgefunden habe, indem alsdann die contractlich angenommenen 60 Kubikmeter für den Kranken und in der Stunde nicht gefunden sein würden. Er bedauert auch ferner, daß der Contract die Ventilirung im Sommer nicht zu bestimmen gesucht habe, da in der warmen Jahreszeit das Gleichgewicht der äußern und innern Temperatur weit häufiger sei, als im Winter; dieses Gleichgewicht widersetzte sich selbst dann der natürlichen Ventilirung, wenn die Fenster geöffnet waren.

Digitized by Google

2512. Die von zwei verschiedenen Seiten angestellten und hier mitgetheilten Beobachtungen stimmen in zwei wesentlichen Punkten überein: in dem großen Unterschiede, der zwischen dem in die Säle durch den Apparat eingeströmten und dem durch die Lüftungsesse ausgeströmten Luftvolum existirt; ferner in der großen Unregelmäßigkeit des Ansaugens der verschiedenen einzelnen Essen oder Oeffnungen, durch welche die verdorbene Luft ausströmt. Dieselbe entspricht den verhältnißmäßigen Ungleichheiten bei der Ventilirung der verschiedenen Theile des Saals, in denen sich diese Oeffnungen befinden.

2513. Nach dem Commissionsbericht ist die mittlere Ventilirung auf den Kranken und in der Stunde, die aus dem durch die große Zugesse ausgeströmten Luftvolum abgeleitet ist, 78 Kubikmet., während sie der Theorie nach 82 Kubikmet. betragen soll. Diese Zahlen stehen einander so nahe, als es bei den täglichen Schwankungen des Ansaugens einer Esse nur möglich sein kann. Das von den Oefen angesaugte Volum beträgt durchschnittlich nach dem Bericht 45 und nach der Aufgabe 34 Kubikmet.

2514. Nach dem Bericht schwankt das Ausströmen durch die Ausströmungsöffnungen der Säle zwischen 140 und 150 Kubikmet., während es nach der Aufgabe im Verhältniß von 73 zu 248 steht; diese Unterschiede bei den an einem und demselben Apparat angestellten Beobachtungen beweisen die großen Verschiedenheiten und Schwankungen der Ventilirung durch Ansaugen, sowie auch die Unregelmäßigkeit der von Herrn Duvoir in dem Hospital zu Lariboisière bewirkten Ventilirung.

2515. In Beziehung auf den Apparat selbst muß man erstaunen, bei dessen Ausführung nicht einmal die gewöhnlichsten Grundsätze der Heizung und Ventilirung angewendet zu sehen. Es ist eine bekannte Sache, daß der Nutzeffect einer Esse mit ihrer Höhe steigt und daß man zur Hervorbringung desselben Ansaugens die Luft um so mehr erwärmen muß, je geringer die Höhe der Esse ist. In dem vorliegenden Falle muß man leicht begreifen, daß, wenn man die Luft bis zum Boden niedergehen und dann in eine hohe Lüftungsesse einströmen ließe, die Höhe derselben und die Temperaturzunahme, welche sie darin erlangen würde, den Verlust am Zuge, welcher die niedergehende Bewegung der Luft veranlaßt, nicht allein ausgleichen, sondern weit übersteigen müßte. Wir haben weiter oben gesehen, daß bei Essendimensionen, wie die zu Lariboisière, um nur dasselbe Ansaugen durch die auf dem Dache befindlichen Essen zu veranlassen, wie dies von einer von der Sohle ausgehenden bewirkt werden kann, die mittleren Brennmaterialkosten bei der Winterventilirung sich wie die Zahlen 1 zu 2,5 und für die Sommerventilirung wie 1 zu 5 stellen, während die Widerstände in beiden Fällen dieselben sein können.

2516. Um diese ungeheure Zunahme beim Brennmaterialverbrauch zu veranlassen, wendet man 40 Quadratmet. Heizoberfläche an. Herr Duvoir-Leblanc hat demnach die Anlagekosten verdoppelt, um die durchschnittlichen Ausgaben für die Winterventilirung verzweifachen und für die Sommerventilirung verfünffachen zu können, und danach behauptet, daß bei seinen Ventilirungsapparaten die in den Contracten bestimmten Zahlen gesichert seien, weil sie von der Heizung abhingen; er spricht dies in allen seinen schriftlichen Arbeiten ganz bestimmt aus. Nur unter dieser Annahme haben die Versuche, die nach der Aufstellung der Apparate gemacht worden sind, einen Sinn, da die Apparate durchaus kein Instrument oder ein anderes

Digitized by Google

Mittel zur Feststellung der Beschaffenheit der Ventilirung bieten. Es ist absolut unmöglich, eine Ventilirung mit Oefen hervorzubringen, deren Temperatur durch die Heizung reducirt wird; es ist dies ein allgemeiner, von der Einrichtung des Systems und der Apparate unabhängiger Grundsatz, wie nachgewiesen werden soll; obige Annahme ist daher ein Irrthum, den man in jeder Heizungsfrage aufklären muß.

2517. Wir wollen zuvörderst eine Saugesse annehmen, welche die äußere Luft unmittelbar an ihrem Fuße aufnimmt; da die von dieser Esse hervorgebrachte Wirkung nur von dem Ueberschuß der mittleren Temperatur der in der Esse erwärmten Luft über die äußere Temperatur herrührt, so folgt nothwendig daraus, daß man, um eine in allen Jahreszeiten constante Ventilirung hervorzubringen, der Luft in der Esse eine ebenfalls constante Wärmemenge liefern müsse. Es ist dies übrigens eine von der Erfahrung vollkommen bestätigte Thatsache.

2518. Wir wollen jetzt annehmen, daß die äußere Luft, ehe sie in die Esse gelangt, nach verschiedenen Richtungen mit Oefen versehene Zimmer erwärmt, und zwar so, daß die innere Temperatur auf 13 Grad erhalten wird; wir wollen auch ferner annehmen, daß die Luft, indem sie in die Esse gelangt, nicht weiter erwärmt werde. Indem nun die äußere Luft eintritt, wird sie sich über die constante Temperatur erwärmen, die derart erhalten werden muß, um die durch die Mauern und Fenster gehende Wärme zu liefern, die alsdann mit der innern Temperatur in die Esse strömen muß. Es würde somit eine mit der äußern Temperatur veränderliche Ventilirung entstehen; sie würde 0 sein, wenn die äußere Luft 15 Grad beträgt, und wenn man nicht heizt. In dem Maße aber, als die äußere Temperatur wirkt, und je mehr man heizt, würde die Ventilirung offenbar derart zunehmen, daß sie ihr Maximum in den kältesten Tagen erreichte; aus demselben Grunde würde sie aber auch in dem Maße abnehmen, als sich die äußere Temperatur 15 Grad nähere.

2519. Wir wollen daher annehmen, daß die Oefen durch einen Warmwasserstrom erwärmt werden, und daß das Expansionsgefäß eine solche Stellung habe, daß die Luft bei ihrem Eintritt in die Esse erwärmt wird. Dieser Umstand würde die Ventilirung bei jeder äußern Ventilirung erhöhen, allein er würde die Richtung ihrer Veränderungen nicht wechseln, indem die Temperatur des Expansionsgefäßes mit den Oefen verändert werden müßte. Es würde demnach auch in diesem Fall die Ventilirung in den kältesten Tagen, sowie beim Beginn und am Ende der Heizung, fast 0 sein.

2520. Der Apparat von Duvoir-Leblanc hat aber gänzlich die hier vorausgesetzte Einrichtung. Die äußere Luft strömt durch die Oefen in die Zimmer; sie erhebt sich zuvörderst zur Decke, geht alsdann in wesentlich isothermen Schichten abwärts, und zwar bis zu den Ausströmungsöffnungen der Säle, von wo aus sie sich zum Dach erhebt, um zu der Esse zu gelangen, welche das Expansionsgefäß enthält. Es ist demnach die Ventilirung eine Folge der durch die Oefen in die speciellen Essen der Säle und in die große Esse im Dach aufsteigenden Luft, wovon aber der Druck abgezogen werden muß, da die warme Luft von der Decke zum Boden eines jeden Saales erforderlich ist. Nimmt man an, daß der bei den ersten Bewegungen der Luft entsprechende Druck sich ausgleiche, so zeigt sich dieselbe Erscheinung, als wenn die Ventilirung die Folge einer großen aus

Digitized by Google

zwei Abtheilungen bestehenden Esse sei, von der die erste die Höhe eines oder zweier oder dreier Säle habe, während die zweite eben so hoch wie die Esse auf dem Dach sei. Da sich der erste Theil in der constanten Temperatur von 15° und der zweite in einer solchen Temperatur befindet, welche wie die des Wassers in dem Expansionsgefäß verschieden ist, und da die Esse mit dem untern Theile der Luft in freier Verbindung steht: so müssen die Oefen und das Expansionsgefäß, deren Temperaturen im Verhältniß zu einander stehen, um so wärmer sein, je niedriger die äußere Temperatur ist. Es muß demnach die mittlere Temperatur in dieser Esse und folglich auch die Ventilirung in derselben Richtung zu- oder abnehmen, wie der Brennmaterialverbrauch zur Erhaltung der innern Temperatur. Es ist außerdem ganz klar, daß, wenn eine constante Ventilirung unabhängig von der äußern Temperatur wäre, wie Herr Duvoir behauptet, sie zu Anfang und zu Ende der Heizung dieselbe bleiben würde, möchte der Unterschied der äußern Temperatur sein, welcher er wolle; dies würde auch noch stattfinden, wenn gar nicht mehr geheizt würde. Wäre übrigens der fragliche Grundsatz richtig, so würde er es für ein Zimmer sein, welches durch ein offenes Kamin geheizt wird, und in das die äußere Luft frei einströmen kann; in diesem Falle springt aber die Unrichtigkeit ins Auge.

2521. Das Princip einer regelmäßigen Ventilirung durch die alleinige Wirkung der Heizung ist eben so ungereimt, wie die kostenfreie Ventilirung durch den Aschenfall der Heizöfen, wodurch in dem Gefängniß zu Tours (2441 u. f. f.) sowie im Hospital zu Charenton (2481) so traurige Resultate erlangt worden sind. Der Verfasser will den Gegenstand nicht weiter ausführen, allein er muß noch bemerken, daß, wenn Verwaltungsbehörden solche technische Gegenstände nicht verstehen und begreifen können, sie, wenn dem allgemeinen Besten nicht Nachtheile geschehen sollen, dies wirklichen Technikern überlassen müssen, damit nicht offenbare Fehler geschehen.

2522. Es sind jedoch bei den Versuchen, welche sowohl von der Commission bei der Annahme der Apparate zu Lariboisière, als auch von Herrn Graffi angestellt worden sind, bei sehr niedrigen äußeren, sowie auch bei höheren Temperaturen, von der Esse angesaugte Luftmengen erlangt, welche die auf diese Weise eigentlich zu erreichenden weit übersteigen. Es muß daher in dem Apparat ein Mittel angebracht sein, welches Herr Duvoir-Leblanc als Geheimniß bewahrt, und welches der nur durch die Heizung stattfindenden unzulänglichen Ventilirung einen augenblicklichen Ersatz gewährt. Dasselbe scheint ganz einfach in dem Aufschluß des Hahns an der Röhre, welche eine directe Verbindung des Expansionsgefäßes mit dem Kessel herstellt, zu bestehen; diese Röhre ist aber ganz unerläßlich für die Ventilirung im Sommer, die ohne Heizung erfolgen muß. Es muß daher diese Röhre vorhanden sein, ohne daß sie in den Zeichnungen des Apparates angegeben ist; nun ist aber diese das Wasser zurückführende Röhre allein hinreichend, um die Ventilirung ohne Heizung zu veranlassen, indem sie zu gleicher Zeit als die Röhre wirkt, welche das Wasser durch die Oefen zurückführt und offenbar gestattet, dem Wasser in dem Expansionsgefäß eine hinreichend hohe Temperatur zu geben, damit sie unter allen Umständen die Ventilirung hervorbringen kann, die ohne Temperaturerhöhung beobachtet worden ist. Man müßte sich übrigens noch davon überzeugen, ob diese Erhöhung der Ventilirung nur bei Versuchen stattfindet, oder ob der Heizer nicht ein verborgenes Mittel hat, die Ventilirung

Digitized by Google

nach Belieben reguliren zu können; denn man kann nicht annehmen, daß ein Unternehmer ohne Entschädigung eine Ventilirung von 80 bis 90 Kubikmet. giebt, wenn er nur eine von 60 Kubikmet. geben soll, da eine solche Zunahme der Ventilirung viel mehr Ausgaben für Brennmaterial veranlaßt.

2523. Kurz aus den hier gemachten Erklärungen gehen in Bezug auf die Apparate von der Einrichtung des Herrn Leon Duvoir drei vollkommen erwiesene Thatsachen hervor: 1) daß eine gleichförmige und sich selbst regulirende Ventilirung durch die einzige Einwirkung der Heizung unthunlich ist; 2) daß die Ventilirung von dem Heizer abhängt, der selbst nicht weiß, was er zu machen hat, wenn er die veränderliche Ventilirung, die eine nothwendige Folge der Heizung ist, verbessern will; 3) daß mit der größten Sorgfalt durch die geschicktesten Leute geleitete Versuche, mögen sie auch noch so lange fortgesetzt werden, durchaus nichts für diejenigen Zeitpunkte beweisen, in denen keine Versuche angestellt werden.

Die Apparate der Herren Thomas und Laurens.

2524. Wir haben schon weiter oben bemerkt, daß das von den Schiedsrichtern über den Concurs bei den Heizungs- und Ventilirungs-Apparaten des Hospitals zu Lariboisière angenommene Methode in der mechanischen Ventilirung und in einer Heizung besteht, die durch Warmwasseröfen mit Dampfheizung bewirkt werden sollte. An dem Entwurf der Herren Thomas und Laurens wurden mehrere Veränderungen gemacht, deren wesentlichste dahin gingen, die Heizung fast gänzlich durch Dampf zu bewirken, indem eine solche sich leicht reguliren lasse. Dieses System ist nun wirklich in den Jahren 1854 und 1855 ausgeführt.

2525. Die Ventilirung wird mit der Luft bewirkt, die über den Dächern und in einer hinlänglich großen Höhe in der Atmosphäre aufgefangen wird, damit sie frei von allen Ausdünstungen sei, die sich aus dem Hospital entwickeln.

Der Glockenthurm der Kapelle ist wegen seiner Höhe und Form vollkommen geeignet, zum Auffangen der Luft zu dienen. Man hat sich damit begnügt, den Klappen, welche die Schalllöcher verschließen, zwei Neigungen zu geben, um die Geschwindigkeit des Windes zu benutzen, der, indem er sie durchströmt, in den Canal a b Fig. 592 gelangt; derselbe ist in einem der vier hohlen Pfeiler des Thurms angebracht. Die Ausgabe für Baulichkeiten, um reine Luft zu erhalten, war daher unbedeutend.

Die Oeffnung c läßt die frische Luft in den Ventilirraum eintreten. Derselbe nimmt das obere Ende der unterirdischen Gallerie ein, die unter dem Thorhause W W Z Z liegt, welches das Erdgeschoß rings um den großen Hof XG bildet. In dieser Gallerie, in welche übrigens die Kellerräume der verschiedenen Krankenpavillons auslaufen, sind die Maschinen, sowie die Röhren angebracht, welche die Ventilirungsluft, sowie auch die Dämpfe und das zu den Kesseln zurückgehende Wasser enthalten. Der ganze Betrieb der Heiz- und Ventilirungsapparate findet in dieser unterirdischen Gallerie statt.

2526. Ein Centrifugalventilator, dessen Mantel spiralförmig ist und der in Folge seiner Einrichtung und Construction jedes unbequeme Geräusch vermeidet, saugt die frische Luft aus dem Canal W an und treibt sie in

Digitized by Google

die verschiedenen Säle. Er wird mittelst eines Laufriemens durch eine Dampfmaschine betrieben; dieselbe arbeitet mit Expansion ohne Condensation mit einer veränderlichen Kraft, und der expandirte Dampf wird zur Heizung der Säle, sowie in den Bade- und Waschhäusern benutzt. Der ganze Mechanismus ist in den verschlossenen Räumen G,G angebracht.

2527. Es muß hier bemerkt werden, daß zwei Ventilatoren B,B vorhanden sind, wovon jeder mit einer Dampfmaschine versehen, daß aber ein einziger von diesen Mechanismen hinreichend ist, die Ventilirung auf dieser Seite des Hospitals jeder Zeit zu bewirken, und daß der zweite Apparat zum regelmäßigen Betriebe nicht erforderlich ist. Dieser zweite Apparat war zu der Zeit erbaut, als das ganze Hospital mit dem Apparate von Thomas und Laurens versehen werden sollte; nachdem derselbe aber vermindert wurde, blieb der Ventilator nebst seinem Motor als Reservemaschine zurück. Eine solche Reservemaschine ist aber bei gut ausgeführten Apparaten nicht erforderlich.

In g und h sind zwei Dampfgeneratoren und in A ist ihre Esse angebracht; ihre Herde gehen auch in die unterirdische Gallerie aus, welche unter dem ganzen Hospital durch läuft. Das ganze Jahr hindurch versehen sie die Wasser- und Dampfbäder mit Dampf und speisen auch eine bedeutende Waschanstalt, die man zum Theil in h, f, l sehen kann und welche nicht allein Lariboisière, sondern auch das Hospital Beaujon mit reiner Wäsche versieht. Im Winter erzeugen sie außerdem den fehlenden Dampf zur Heizung der Säle und des Schwesterhauses. Die Bewegung des Ventilatormotoren hat eine Vermehrung der Kraft nicht veranlaßt, weil es derselbe Dampf ist, der, nachdem er auf den Kolben gewirkt und dabei nur unwesentlich von seinem Wärmestoff verloren hat, darauf zu den Bädern und zur Heizung benutzt wird.

2528. Von der Maschine geht eine Dampfleitung ab und circulirt in der unterirdischen Gallerie m, m, m, m, von wo eine Verzweigung nach jedem Pavillon abgeht; eine Röhre, durch welche das Wasser ooo zurückgeht, verfolgt denselben Weg und läuft in einen verschlossenen Behälter in dem Keller A hinter den Maschinen aus. Dieser Behälter dient zur Kesselspeisung; die Speisepumpe nimmt aus demselben die verdichteten Dämpfe auf, zu denen Wasser gefügt wird, wenn es erforderlich wird. In f sieht man die Dampfröhren und die Röhren zum Rückgange des Wassers, welche das Schwesterhaus bedienen, ooo sind die Dampfheizöfen dieses Gebäudes. Dieselben Röhren sind mit Verzweigungen versehen, die nach den Dampfbädern j und q gehen. Der nach der Waschanstalt gehende Dampf wird direct von den Kesseln aufgefangen; die sich darauf beziehenden Leitungen haben nicht abgebildet werden können. Zur Seite der Generatoren befindet sich ein großer Wasserbehälter, den man für die gewöhnlichen Bäder mit Dampf heizt. Ein anderer ganz gleicher Wasserbehälter existirt auf der andern Seite, der ersten gegenüber.

In S endlich ist ein Pumpe angegeben, die der Dampfmotor ebenfalls in Bewegung setzt und die das Hospital mit Wasser versieht; sie saugt mit einer etwa 300 Met. langen Leitung das Wasser aus einem Canal an, der durch die Gegend der Stadt zieht, in welcher das Hospital liegt.

2529. Wir wollen jetzt der Thätigkeit des Apparates folgen, und zwar zuerst während des Sommers, indem dies der einfachste Fall ist. Die im Glockenthurm aufgefangene reine Luft gelangt durch die ansaugende

Digitized by Google

Kraft des Ventilaters zu dieſem, wobei dabei die natürliche Geſchwindigkeit des Windes behülflich iſt. Dieſe Luft wird alsdann in eine Röhre von dünnem Eiſenblech D, E, F getrieben, die an dem Gewölbe der unterirdiſchen Gallerie aufgehängt iſt und an den Kellern unter den Pavillons vorübergeht.

Von dieſer Hauptröhre D, E, F geht unter jedem Pavillon eine Zweigröhre G' G' aus, welche die zur Ventilirung dieſes Pavillons erforderliche Luft liefert. Jede Verzweigung zerfällt in mehrere Vertheiler, um die Luft in die drei Etagen der Krankenſäle zu treiben. Der horizontale Durchſchnitt in dem Kellerraum Nr. 2 zeigt dieſe Luftvertheilung. Der Vertheiler G' G' iſt eine blecherne, an dem Kellergewölbe aufgehängte Röhre; ſie giebt in i, i, i, i einem jeden der Oefen des Erdgeſchoſſes die Ventilirungsluft dieſer Etage.

In x, x an den beiden Enden dieſes Kellers befindet ſich ein anderer Vertheiler, welcher die Luft in die beiden in der Mauerdicke angebrachten Canäle einführt; es iſt dies die Ventilirungsluft der erſten Etage, welche dieſen Weg verfolgt. Dieſe ſenkrechten Canäle gehen in einen horizontalen Canal in der Mitte des Fußbodens dieſer Etage aus. Zwei andere Verzweigungen x, y gelangen in zwei andere ſenkrechte Canäle in der Mauerdicke und mittelſt derſelben in einen horizontalen Canal in der Mitte des Fußbodens der zweiten Etage, ſo daß die Ventilirungseinrichtungen der verſchiedenen Etagen gleich ſind.

2530. Jede Etage enthält einen großen Saal mit 32 Betten, und am Ende deſſelben befindet ſich ein kleines Zimmer mit 2 Betten, wie die horizontalen Durchſchnitte der Pavillons Nr. 6 und Nr. 4 zeigen. In der Mitte eines jeden Saales und unter ſeinem Fußboden befindet ſich der Canal mit der Ventilirungsluft. Auf dieſem Canal hat man in jeder Etage 4 Oefen z, z, z, z angebracht, die man in dem horizontalen Durchſchnitt des Pavillons Nr. 4, in dem Längendurchſchnitt Fig. 592 und in dem Querdurchſchnitt Fig. 593 ſieht.

Dieſe Oefen enthalten ihrer Höhe nach 12 Röhren, aus denen die Ventilirungsluft ſtrömt. Auch in jedem Zimmer mit zwei Betten befindet ſich ein Ofen, durch welchen friſche Luft einſtrömt.

Endlich werden die vier Sprech- oder Verſammlungsſäle P, P, P, P durch zwei in einem jeden angebrachte Oefen r, r von der allgemeinen Röhre aus mit friſcher Luft verſehen.

2531. Die Ventilirungsluft gelangt mit nur geringen Schwierigkeiten in die Säle; man hat gefunden, daß ſie ſich regelmäßig und mit einer unendlich größern Gleichförmigkeit vertheilt, als dies bei der Ventilirung durch Anſaugen der Luft der Fall iſt, worüber man Vergleichungen in demſelben Hoſpital anſtellen konnte.

2532. Die Luft ſtrömt aus den Sälen durch 18 Canäle und durch einen 19. aus dem abgeſonderten Zimmer aus; alle ſind in der Mauerdicke angebracht, und jeder hat zwei Oeffnungen in den Mauerverzierungen der Krankenſäle. Eine von dieſen Oeffnungen, n, n, n (Fig. 593), iſt unten in der Nähe des Fußbodens angebracht; ſie dient zur Ventilirung im Winter. Die andere, p, p, p, iſt etwa 2 Met. darüber angebracht und dient zur Ventilirung im Sommer (Figg. 592 u. 593). Beide Oeffnungen ſind mit einem Regiſter verſehen, welches man je nach der Jahreszeit offen oder verſchloſſen erhält. Die ſenkrechten Canäle aller Etagen gehen in das Dach aus, die der Mauer links in den Canal A und die

Digitized by Google

der Mauer rechts in den Canal D. Die beiden, auf dem Boden an den niedrigen Seiten des Daches angebrachten Canäle lassen diese Etage frei, denn sie laufen jeder in einen Kasten aus, der unter dem Dachabhange zu der Ausströmungsesse V (Figg. 592 u. 593), die auf der Mitte des Pavillons angebracht ist, geht. Die Keller sind ebenfalls frei, indem sie weder Oefen, noch zu beaufsichtigende Apparate enthalten; es ist dies ein doppelter Vortheil dieses Systems gegen die Warmwasser- oder Warmluft-Heizung und Ventilirung, bei deren Anwendung ein großer Theil des Bodens und der Keller von den Apparaten eingenommen wird. Die Esse V besteht aus einer kurzen Röhre von verzinktem Blech, deren Ende eine solche Einrichtung hat, daß die Winde dem Ausströmen der verdorbenen Luft nicht entgegen sind.

2533. Das Kopfende eines jeden Pavillons enthält in dem langen Querbau das Treppenhaus und in jeder Etage verschiedene Zimmer für den Dienst, wie ein Zimmer für die barmherzigen Schwestern, eine Officin und die Bäder für jede Etage. Der Durchschnitt der Pavillons Nr. 4 u. Nr. 6 zeigt diese Zimmer in der ersten und zweiten Etage. In der Officin befindet sich ein Dampfwärmeapparat für die Medicin, die Wäsche u. s. w. und die Heizung der Badezimmer.

2534. Im Sommer circulirt der in der Maschine expandirte Dampf in der Leitung m, m, m, m, von welcher ab Verzweigungen gehen, welche die Officin und die Bäder jeder Etage mit Dampf versehen. Der überflüssige, in den Dampfbädern j und q nicht verbrauchte Dampf wird zu den großen Behältern der gewöhnlichen Bäder gebracht, von denen der eine in der Höhe der ersten zur Seite der Kessel und der andere denselben gegenüber auf der andern Seite des Hospitals befindlich ist. Der von dem Betriebe der Maschine verbrauchte Dampf, sowohl um die Ventilirung, als auch die Hebung der Speisewasser der Generatoren zu bewirken, wird auf diese Weise im Sommer verbraucht, und man erlangt somit die zur Ventilirung erforderliche Kraft gewissermaßen in dieser Jahreszeit, wie auch im Winter umsonst.

2535. Der Verfasser hat gezeigt, wie bei diesem System die Ventilirungsluft in Folge ihrer Auffangung auf dem Thurm so rein als möglich sei. Bei dem Ansaugesystem nimmt man die Luft aus den Oefen in den Kellern, die mit den Mauern oder mit dem Boden in Berührung stehen, und in deren Nähe sich häufig mit Miasmen angefüllte Orte befinden.

2536. Die Auffangung der Luft in möglichst großer Höhe in der Atmosphäre hat aber noch einen andern Vortheil; derselbe besteht darin, während der warmen Jahreszeit wesentlich kältere Ventilirungsluft zu erhalten, als die der zu lüftenden Säle oder Höfe oder überhaupt der umgebenden Orte ist. Die Erfrischung der Ventilirungsluft während des Sommers wurde schon häufig verlangt; für Krankenhäuser kann sie sehr wohlthätige Resultate geben. Es sind auch eine Menge von Apparaten für diesen Zweck vorgeschlagen; diejenigen, welche die angegebene Wirkung hervorbringen konnten, waren auf die Anwendung von Eis begründet, ein Verfahren, welches Unbequemlichkeiten und so viele Kosten in seinem Gefolge hat, daß es häufig gar nicht anwendbar ist.

Man hat zu Lariboisière die Bemerkung gemacht, daß im Sommer der Temperaturunterschied zwischen der auf dem Thurme und der unten im Schatten aufgefangenen Luft wenigstens 4 Grad betrug, ja daß er in ge-

Digitized by Google

wissen Momenten diese Zahl bedeutend überstiegen hat; endlich daß die Temperatur der durch Einblasen ventilirten Säle im Sommer fast um dieselbe Anzahl von Graden niedriger war, als die in den durch Ansaugen gelüfteten Zimmern. Diese Resultate sind sehr wichtig und finden sicher in sehr vielen anderen Verhältnissen eine eben so gute Anwendung.

2537. Die Berechnung der Eismenge, die man dazu nöthig hat, um die Temperatur der Ventilirungsluft um 5° zu vermindern, wird einen Begriff von der Wichtigkeit dieses Resultates geben.

Wir wollen annehmen, daß 300 Kranke mit 100 Kubikmet. auf das Individuum und in der Stunde zu ventiliren waren; die Temperatur der abzukühlenden Luft beträgt 30°, und man will sie auf 25° vermindern. Die durch die Schmelzung des Eises zu absorbirende Wärmemenge würde dargestellt werden durch

$$30000 \times 1{,}3 \times 0{,}2377\ (30 - 25) = 46500$$ Wärmeeinheiten.

Ein Kilogr. Eis absorbirt 79 Wärmeeinheiten bis zum Schmelzen, indem Wasser von 1 Grad zurückbleibt; da nun dieses Wasser selbst bis auf 25° erwärmt wird, so würde die durch das Kilogr. Eis absorbirte Wärmeeinheit gleich $79 + 25 = 104$ Wärmeeinheiten sein. Man würde aber in der Praxis nicht dahin gelangen, so viel Eis zu erwärmen, als Wärme verloren geht. Wollen wir daher als Maximum 100 Wärmeeinheiten auf das Kilogramm geschmolzenes Eis rechnen, so würden wir noch finden, daß man $\frac{46500}{100} = 465$ Kilogr. bedürfe, um die Ventilirungsluft von 300 Kranken um 5° abzukühlen. Nimmt man nun die tägliche Wärme nur auf 12 Stunden an, so würde man zur Abkühlung der Luft während dieser Zeit 5600 Kilogr. Eis verbrauchen, und den Preis des Kilogramms zu 5 Centimes angenommen, welches ein sehr niedriger ist, würden die täglichen Ausgaben 280 Frcs. betragen. Die mechanische Arbeit, der Unterhalt und die Zinsen von dem Anlagecapital zur Hervorbringung desselben Zweckes sind aber weit geringer.

2538. Dieses so kostbare Resultat erlangt man mittelst des Systems von Thomas und Laurens durch eine unbedeutende tägliche Ausgabe für die Kraft, die dem Motoren entnommen ist, und für mäßige Anlagekosten.

Wo kein Glockenthurm die Auffangung der Luft aus einem obern Theile der Atmosphäre erleichtert, würde es stets leicht sein und nur mäßige Kosten verursachen, eine Esse von leichter Construction und wenigstens 25 bis 30 Met. Höhe, je nach den örtlichen Verhältnissen, zu errichten, um das verlangte Resultat stets mit Sicherheit erreichen zu können.

2539. Die von den Herren Thomas und Laurens als zweckmäßig für ein Hospital anerkannte Ventilirung ist weit bedeutender, als die vorher übliche. Sie beträgt über 80 bis 100 Kubikmet. und mehr auf den Kranken und in der Stunde; die chirurgischen Säle erfordern die meiste Luftmenge, so daß es häufig zweckmäßig ist, dieselbe auf 120 Kubikmet. zu erhöhen. Diese Volumina strömen wirklich in die Säle und vertheilen sich nach allen Punkten; sie veranlassen daher eine Ventilirung, wie sie überhaupt nur zu erlangen ist.

2540. Das Programm des von der Verwaltung des Hospitals Lariboisière aufgestellten Entwurfes für den besten Heizungs- und Ventilirungs-

Digitized by Google

apparat beanspruchte 20 Kubikmet. Luft für den Kranken und in der Stunde, jedoch mit der Bedingung, diese Menge momentan verdoppeln zu können. Die Verdoppelung eines irgend bedeutenden Luftvolums mittelst derselben Apparate ist nur bei der mechanischen Ventilirung thunlich, wenn dieselbe eine hinreichend kräftige Maschine hat.

2541. Die Steigerung der mechanischen Ventilirung ist immer möglich und ohne alle Schwierigkeit auszuführen, sobald man Dampfheizung einführt und die Hochdruckdämpfe vorher zur Bewegung des Ventilirungsmotoren anwendet, während die expandirten von der Maschine ausströmten und außer bei der Ventilirung noch anderweitig in einem Hospital benutzt werden. Bei der bedeutenden, jetzt als nothwendig erkannten Luftmenge ist eine Verdoppelung derselben nicht erforderlich.

Es ist aber gut nachzuweisen, für welchen Preis man bei beiden Ventilirungssystemen die Steigerung einer gegebenen Ventilirung erlangen kann, und zwar unter der Annahme, daß die Maschine eine besondere Feuerung erfordert. In diesem sehr seltenen Fall muß der Brennmaterialverbrauch wesentlich mit der Arbeit zunehmen. Diese letztere steigt aber bei der mechanischen Ventilirung wie die Kubikzahl der unter den ungünstigsten Verhältnissen eingeblasenen Luftmengen. Es würden daher die Ausgaben für Brennmaterial bei der mechanischen Ventilirung, wenn sie doppelt oder dreifach gesteigert werden sollte, um das 8- und 27fache erhöht, während bei der Ventilirung mittelst einer Saugesse, unter Annahme der äußern Temperatur zu 0 Grad, der innern von 15 Grad und der in der Saugesse von 30 Grad, bei einer Höhe derselben von 10 Met. und bei einer Zimmerhöhe von 5 Met. (2042), nachgewiesen worden ist, daß die Kosten für Brennmaterial in dem Verhältniß der Zahlen 1; 14,84; 109,71 steigen würden. Die Temperatur der Luft in der Esse würde sein: 30 Grad, 133,96 Grad, 563,67 Grad. Die hier angenommenen Verhältnisse sind die im Hospital Lariboisière für die Höhe der Duvoirschen Esse und die Höhe des Saales in der zweiten Etage giltigen. Die hier mitgetheilten Zahlen würden in dem Maße zunehmen, als die äußere Temperatur abnimmt und die Höhe der innern Esse zunimmt; sie würde daher für die erste Etage und für das Erdgeschoß höher sein. Man sieht, daß man unter den angewendeten Verhältnissen die Ventilirung nicht verdoppeln könnte; denn um die Luft auf 133 Grad zu erwärmen, müßte das siedende Wasser eine weit höhere Temperatur haben, um so mehr, als sich die Heizoberfläche nicht verändert und folglich der Druck in den Oefen die Grenzen des Widerstandes übersteigen müßte.

2542. Wir theilen auch hier, wie wir es bei den Saugapparaten gethan haben, eine Uebersicht der von Herrn Graffi erlangten Versuchsresultate mit; wir wiederholen aber die einzelnen Vertheilungszahlen der Luft dieses Experimentators nicht, da der Apparat der Herren Thomas und Laurens zur Zeit der Versuche noch nicht im gehörigen Betriebe war. Die Vertheilung ist übrigens um so leichter zu erlangen, da jede Luftröhre und jede Verzweigung mit derselben mit einem Hahn versehen ist. Wir theilen hier nur die allgemeinen Resultate mit, die wesentlichen Veränderungen nicht unterworfen sein können.

In Bezug auf die Heizung zeigen die Thermometerbeobachtungen, die einen ganzen Winter hindurch täglich angestellt worden sind, weit höhere Temperaturen als 15°, indem sie gewöhnlich 18 und 19 Grad betrugen.

Digitized by Google

Diese von dem medicinischen Dienst beanspruchten höheren Temperaturen, die Tag und Nacht stattfinden, erfordern einen weit größern Brennmaterialaufwand, als wenn die Temperaturen nicht mehr als 15 und auch nur 14 Grad betragen, wie dies häufig bei der Warmwasserheizung der Fall ist. Herr Grassi hat diesen Umstand bei seinen Bestimmungen über die Ausgaben und die Selbstkosten nicht berücksichtigt.

2543. Da Herr Grassi seine Versuche zu einer Zeit anstellen mußte, in welcher die Arbeiten bei der mechanischen Ventilirung noch nicht gänzlich vollendet waren, namentlich die Vorrichtungen zur Auffangung der Luft auf dem Glockenthurm, so sind seine Angaben über das aufgefangene Luftvolum im Allgemeinen zu niedrig.

2544. Die Grassi'schen Versuche über die Vertheilung der Luft zwischen den großen Versälen, auf denen sich die Kranken bewegen können, und den Pavillons haben für die ersten 2069 Kubikmet. in der Stunde und für die letzteren folgende Zahlen ergeben: Für den Pavillon Nr. 6, welcher der Maschine am nächsten liegt, 13476 Kubikmet.; für den in der Mitte liegenden Pavillon Nr. 4 12947 Kubikmet. und für den Pavillon Nr. 2, der am weitesten von der Maschine entfernt liegt, 8986 Kubikmeter. Die Vertheilung in den Etagen war nicht gleichförmig, sondern nach verschiedenen Verhältnissen verschiedenartig.

2545. Als der ganze Apparat von Thomas und Laurens in reglementsmäßigem Zustande war, stellten die Constructeure anemometrische Beobachtungen über das Ausströmen der frischen Luft durch die verschiedenen Oeffnungen an. Diese Luft gelangt durch vier in ihrer Achse liegende Oefen in die großen Säle und strömt aus jedem Ofen durch zwölf durch dieselben gehende Röhren; die zwölf Röhren eines jeden Ofens geben ihre Luft in einen blechernen Muff ab, der über demselben befindlich ist. Man beobachtete die Geschwindigkeit an drei oder vier Punkten dieses Muffs, und die Durchschnittszahl dieser drei oder vier Beobachtungen gab für die Geschwindigkeit die Berechnung des Ausströmens. Die Zahlen weichen von denen, die Herr Grassi gefunden hat, durchaus nicht wesentlich ab.

In dem Pavillon Nr. 6, welcher, wie wir schon bemerkten, der Maschine am nächsten liegt, strömten in der Stunde durch die Oefen in die Säle und Nebenzimmer ein: in den Erdgeschoßsaal im Ganzen 4197 Kubikmet. und auf das Bett und in der Stunde 123 Kubikmet.; in den Saal der ersten Etage im Ganzen 3972 Kubikmet. und auf das Bett 117 Kubikmet; in den Saal der zweiten Etage 3844 und 113 Kubikmet. Das gesammte Volum aller Verzweigungen dieses Pavillons betrug 12013 Kubikmeter.

In dem Pavillon Nr. 4, der in der Mitte liegt, betrug die gesammte Ventilirung in den drei Sälen 3940, 4328 und 3935 Kubikmet., d. h. auf das Bett und in der Stunde 116, 126 und 116, für den ganzen Pavillon 12403.

In dem von der Maschine entferntesten Pavillon, in den drei über einander liegenden Sälen: 4153, 3839 und 4133 Kubikmet.; auf das Bett und in der Stunde 122, 113 und 122 Kubikmet.; für den ganzen Pavillon 12525 Kubikmeter.

Die Vertheilung zwischen den verschiedenen Sälen kann beliebig verändert werden, um den chirurgischen und denjenigen Sälen, welche gewisse Kranke enthalten, mehr Luft zukommen zu lassen.

Digitized by Google

2546. Die Unterschiede der in einen Saal geströmten Luftmengen im Verhältniß zu einem andern sind beliebig und hängen von der Art der Kranken ab. Wenn man will, so kann man diese Vertheilung gänzlich verändern. Wir haben gesehen, daß die Ventilirung durch einen Canal in der Mitte des Fußbodens von dem Saal, sowie auch durch die darauf stehenden Oefen strömte; dieser Canal ist mit gußeisernen Platten bedeckt, welche durch einige Schrauben an den Balken befestigt sind, aber durchaus keinen luftdichten Verschluß geben. Dadurch wird die Verbreitung der Luft begünstigt, die nicht allein durch die Oefen in die Säle gelangt, sondern durch diese und viele andere Zugänge.

2547. Es ist von Wichtigkeit, daß die Regulirung der mechanischen Ventilirung eines jeden Saales durchaus nicht die Nachtheile hat, die wir weiter oben bei der Ventilirung durch Ansaugen angedeutet haben. Diese Regulirung kann in dem letztern Fall nur durch Verminderung der Heizoberflächen erlangt werden, und es erfolgt daher nothwendig eine Erhöhung der Arbeit, um die allgemeine Ventilirung auf demselben Punkt zu erhalten. Wenn aber, wie zu Lariboisière, eine mechanische Ventilirung stattfindet, so kostet diese Steigerung der Arbeit fast gar nichts, während bei einer Ventilirung durch Erhitzung der Luft in einer Esse die nothwendige Steigerung der Arbeit einer bedeutenden Zunahme des Brennmaterials entspricht, denn der Zug einer Esse steigt nur sehr langsam mit der Zunahme der Temperatur, wie wir bereits (443) gesehen haben.

2548. Die von der Dampfmaschine, welche den Ventilator in Betrieb setzt, entwickelte Kraft ist gewöhnlich die von 8 Pferden; der Druck der Luft am Ventilator beträgt 20 bis 25 Millimet. Wasser, je nach der Geschwindigkeit der Maschine. Man wird bemerken, daß der Luftstrom und die Hindernisse, die er trifft, bedeutend sind, und daß dennoch alle diese Widerstände durch einen geringen anfänglichen Druck überwunden werden, der bei verminderten Widerständen ebenfalls geringer sein würde. In Lariboisière kann man sie aber nicht vermindern, da die Heiz- und Ventilirungsapparate in einem fertigen Gebäude angebracht werden mußten. Zur Vertheilung der Luft in den verschiedenen Etagen müßten die in den Mauerdicken angebrachten Essen und andere Canäle benutzt werden; man wollte auch keine Säule oder eine sichtbare Röhre, um die Luft von einer Etage in die andere zu schaffen. Ebenso konnten die mittleren Canäle unter den Fußböden nicht weit genug gemacht werden, weil dies die örtlichen Verhältnisse verhinderten.

Die Circulationswiderstände sind dadurch gesteigert, und es muß dies wohl berücksichtigt werden, wenn man die Ventilirung zu Lariboisière mit anderen mechanischen vergleichen oder darauf die Kosten für neue begründen wollte.

2549. Das Vorhergehende zeigt, daß die mechanische Ventilirung die Schwierigkeiten, welche vorhandene Baue veranlassen, recht gut überwinden kann; es ist dazu hinreichend, eine größere Triebkraft anzuwenden, als die zu sein braucht, wenn der Architekt bei einer Anlage mit dem Constructeur des Heiz- und Ventilirungsapparates nicht Hand in Hand geht. Glücklicher Weise ist in einem Hospitale diese größere Kraft von keinem Einfluß auf die täglichen Ausgaben, wenn man den aus der Maschine ausströmenden Dampf zur Heizung benutzt. Dagegen sind aber die ersten Anlagekosten der Maschinen und ihrer Nebenapparate bedeutender.

Digitized by Google

2550. Eine Eigenthümlichkeit der mechanischen Ventilirung, die besondere Aufmerksamkeit verdient, besteht darin, daß das Oeffnen mehrerer Fenster keinen ungünstigen Einfluß auf die Ventilirung hat, indem dadurch nur die Vertheilung verändert wird. Man hatte dieses Resultat erwartet, und dasselbe hat durch die Versuche Grassi's seine Bestätigung gefunden. Man hat in einem der Säle vier Fensterflügel geöffnet, von denen zwei auf der einen und zwei auf der entgegengesetzten Seite befindlich waren, die übrigen Thüren und Fenster aber verschlossen gehalten; das Volum der verdorbenen Luft, welches durch den Canal zwischen diesen beiden Fenstern ausströmte, betrug 222 Kubikmet. in der Stunde. Nachdem man die beiden Flügel, zwischen denen sich der Canal befindet, geöffnet hatte, strömten aus demselben 162 Kubikmet. aus; wurden nun die beiden entgegengesetzten Flügel geöffnet, so ging diese Ausströmungsmenge auf 158 Kubikmet. nieder; verschloß man die beiden benachbarten Flügel und ließ die gegenüberliegenden offen, so stieg die ausströmende Menge wiederum auf 165 Kubikmet. Offenbar ging auch Luft durch die Fenster aus dem Saal, die bei deren Verschluß nur durch den Canal ausgeströmt wäre; allein man sieht, daß unter den ungünstigsten Verhältnissen der Canal eine bedeutende Luftmenge ausströmen und durchaus keine verdorbene Luft in den Saal niedergehen läßt. Bei mechanischer Ventilirung ist es daher durchaus nicht nöthig, die Fenster luftdicht zu verschließen, ja man kann dieselben ohne Gefahr öffnen. Anders verhält es sich mit der saugenden Ventilirung, die durch Oeffnen der Fenster und Thüren gestört, ja gänzlich unterdrückt werden kann.

2551. Zu Lariboisière ist die mechanische Ventilirung Tag und Nacht mit gleicher Stärke im Betriebe; außerdem ist sie auch zu allen Jahreszeiten gleich wirksam. Die saugende Ventilirung auf der andern Seite des Hospitals zeigt dagegen wesentliche Schwankungen.

2552. Im Sommer ist die Waschanstalt in eben so großer Thätigkeit, als im Winter; sie allein erfordert Kessel und Oefen zur Erzeugung von siedendem Wasser und der zum Trocknen erforderlichen Wärme. Der Betrieb des Ventilirungsapparates ist gewissermaßen nur ein Anhang zu denen, welche siedendes Wasser und Wärme zu den Wasch- und Badeanstalten geben. Auch bewirkt die Ventilatormaschine die Wasserhebung, die im Fall der saugenden Ventilirung jedenfalls eine nicht unerhebliche andere Kraft beanspruchen würde, da die Herbeischaffung von Wasser für ein Hospital von großem Belang ist.

2553. Die blasende Ventilirung giebt der Verwaltung ein sicheres Controlemittel an die Hand; man braucht nur einen Zähler an der Maschine anzubringen, nachdem man sich durch anemometrische Versuche von dem Luftvolum überzeugt hat, welches jeder Schwungradumgang giebt. Die Anzahl der Umgänge weist das producirte Luftvolum genau nach. Bis jetzt giebt es kein anderes Controlemittel einer Ventilirung, welches gegen deren Mängel Sicherheit giebt.

2554. Man sieht in H (Fig. 592 u. 593) die Abtrittsgrube eines Pavillons, welche durch einen Canal uu ventilirt wird, der zu einem offenen Feuer der Apotheke im Erdgeschoß ausläuft. Die Einrichtung der Abtritte zeigt nichts Empfehlenswerthes; sie sind mit nur geringer Sorgfalt von dem Architekten nach älterem System eingerichtet.

Digitized by Google

2555. Es bleibt uns nun noch die mit der Heizung verbundene Ventilirung im Winter zu betrachten übrig.

Die Wirkung dieser Ventilirung ist genau dieselbe wie im Sommer; jedoch mit dem Unterschiede, daß die Luft, ehe sie in die Säle strömt, erwärmt wird. Zu dieser Erwärmung der Luft, sowie zu der der Säle durch Ausstrahlung wird Dampf angewendet.

2556. In dem concurrirenden Entwurfe zur Heizung der Säle war neben dem Dampfe Warmwasserheizung vorgeschlagen. Bei der Ausführung des Apparates fürchteten aber die Herren Thomas und Laurens die Nachtheile des warmen Wassers, sowie die Schwierigkeiten, die es darbietet, wenn die Heizung schnell verändert werden soll, wie es unser Klima erfordert, und wenn man in den Sälen eine constante Temperatur erhalten will; es wurden daher direct Dämpfe angewendet.

Der Canal, welcher der Achse eines jeden Saales nach unter seinem Fuße läuft und die Ventilirungsluft enthält, umschließt auch eine Dampfröhre und eine Röhre für das zurückgehende Wasser; dieser Canal ist seiner ganzen Länge nach mit gußeisernen Platten bedeckt, welche von den Röhren erwärmt werden. Da, wo die Oefen auf diesen Platten stehen, laufen von der Dampf- und von der Wasserröhre Verzweigungen ab; allein da jeder Ofen mit zwei Hähnen versehen ist, so läßt sich das Einströmen von Dampf in die Oefen leicht verhindern.

Die Oefen dienen daher in den Fällen zur Heizung, wo die Temparatur ausnahmsweise niedrig ist und die Dampfheizung von dem mittlern Canal aus nicht hinreicht. Während der kältesten Tage hat es aber bis jetzt genügt, dem ersten Ofen Dampf zu geben, der in der Nähe der Thür steht, durch welche der Krankensaal mit dem Vorsaal in Verbindung steht. Die Ventilirungsluft wird durch die Berührung in den Dampfröhren erwärmt; sie strömt durch die Oefen in den Saal. Das Wasser in denselben wird daher durch die Ventilirungsluft erwärmt und regulirt die Temperatur. Diese Luft strömt mit einer Temperatur von 5 bis 30 Grad aus den Oefen.

2557. Die Einrichtung der Oefen von Thomas und Laurens ist von denen bei der Warmwasserheizung verschieden; sie nehmen weniger Platz ein, da sie eine flache Form und nur geringe Höhe haben. Sie bestehen aus Blech und Gußeisen und durch dieselben gehen der Höhe nach zwei gerade Röhren, von 0,12 Met. Durchmesser, durch welche die Ventilirungsluft strömt; der Dampf geht durch keine Schlangenröhren, sondern er strömt einfach in den untern gußeisernen Theil.

2558. Ein jeder der Promenadensäle P, P, P, P (Fig. 591) enthält zwei flache Röhren r r, ähnlich den in den Sälen und auch auf Ventilirungscanälen angebrachten; sie enthalten ebenfalls Dampf- und Wasserröhren. Die Ventilirungsluft dieser Promenadensäle strömt zu allen Jahreszeiten aus diesen Oefen aus. Das Treppenhaus eines jeden Pavillons ist mit einem cylindrischen Wasser- und Dampfofen geheizt, der bei O, O, O im Erdgeschoß steht. Frische Luft strömt durch die Oeffnungen nicht ein.

2559. Im Winter reicht der aus der Maschine strömende Dampf zur Erwärmung der Säle nicht hin, da die anderen Verbrauchsquellen des Dampfes auch im Winter stattfinden. Alsdann verbindet man mit dem Dampfe aus der Maschine den direct aus den Kesseln strömenden. Dieser Zusatz wird in der großen Dampfröhre mittelst einer Düse bewirkt, die

Digitized by Google

einen Strahl in der Richtung des schon bestehenden Stromes einbringt. Ein Hahn regulirt den anfänglichen Druck dieses hinzutretenden Dampfes, damit der Gegendruck auf der Rückseite des Kolbens nicht stärker werden kann.

Auf diese Weise ist es immer Niederdruckdampf, der in die Säle und Apparate, welche sie enthalten, strömt. Wenn zu Lariboisière Warmwasseröfen angewendet würden, so müßten sie auch die zur Sicherheit nothwendigen Bedingungen haben, da sie nur unter Niederdruck stehen können.

2560. Die Leichtigkeit, welche sowohl der Nieder- als auch der Hochdruckdampf hat, die Temperatur der Säle zu erhöhen oder zu vermindern, hat die Erkennung dessen, was einem Hospitale am zweckmäßigsten ist, gestattet. Eine Temperatur von 15°, wie sie überall angegeben wird, ist im Winter für die Krankensäle zu niedrig. Zu Lariboisière erreicht sie gewöhnlich 18° und, wenn es die Aerzte für zweckmäßig erachten, noch mehr. Durch die Warmwasserheizung kann man aber 15° kaum erreichen; im Winter ist die Temperatur stets darunter, und man beklagt sich alsdann über Kälte. Sobald in einem Saal eine Ventilirung hergestellt wird, muß auch eine Temperaturerhöhung stattfinden.

Die Temperaturerhöhung auf 18 und 19° in den Sälen, welche vorschriftsmäßig 15° sein soll, hat einen sehr wesentlichen Einfluß auf den Steinkohlenverbrauch, d. h. etwa in dem Verhältniß von 3 : 4 oder von $^1/_3$, wenn man die mittlere äußere Temperatur zu + 6° annimmt.

Es ist dies eine sehr wichtige Thatsache, die man nicht außer Acht lassen muß, wenn man vom Brennmaterialverbrauch redet, und besonders, wenn man den eines Hospitals oder eines Systems mit dem eines andern vergleicht. Herrn Graffi ist sie bei seinen Angaben über den Brennmaterialverbrauch entgangen. Uebrigens kann man aus den Angaben dieses Experimentators über den Apparat von Thomas und Laurens keine sicheren Folgerungen ziehen. Für irgend eine Heizung, werde sie ausgeführt wie sie will, wird die Ausgabe für eine bestimmte Temperatur bei allen Systemen fast dieselbe sein, weil die zu erzeugende Wärmemenge genau gleich der ist, welche durch die Mauern und die Fenster entweicht; und wenn die Ausgaben geringer sein würden, so würde dies wahrscheinlich mit Dampf der Fall sein, der mit Hülfe eines einzigen Herdes wirkt, welcher weit leichter abzuwarten ist als mehrere Herde, die an verschiedenen Punkten eines Etablissements vertheilt sind.

Nimmt man nun an, daß der Nutzeffekt des Brennmaterials in beiden Fällen gleich sei, und nimmt man ferner die von Herrn Graffi beobachteten 14 und 18° als Temperaturen der mit Wasser und mit Dampf erheizten Säle an, so leitet man daraus auf eine sichere Weise ab, daß die Kosten für die mit Dampf geheizten Säle nothwendig in dem Verhältniß von 18—6 zu 14—6, d. h. von 12 zu 18 oder von 2 zu 3 stehen müssen.

2561. Bei diesen Mehrkosten, welche aus der Heizung der Säle von wenigstens 18 Grad bei der mechanischen Ventilirung hervorgehen, wird man zu der Frage veranlaßt, warum man nicht auch die Temperatur nur auf 14 und 15 Grad bringt, wie bei der Ventilirung durch Ansaugen; diese Gründe beruhen darauf, daß die Temperatur mit der gesteigerten und lebhaften Ventilirung zunehmen muß. Außerdem lassen die Aerzte und die Schwestern bei dem erstern, nicht von einem Unternehmer abhängigen System die Krankensäle auf den für den Kranken zweckmäßigsten Grad heizen,

Digitized by Google

während beim zweiten System der Unternehmer der Heizung und Ventilirung, ungeachtet der wiederholten Klagen von Seiten der Aerzte und der Kranken, sich stets auf der untersten Grenze erhält. Wenn die Warmwasserheizung wie die Dampfheizung von dem Arzt regulirt werden könnte, so würde sie weit größere oder wenigstens dieselben Ausgaben veranlassen, ohne daß die Ventilirung dadurch wirksamer würde.

2562. Wenn man die Ausgaben für Steinkohlen zur Dampfheizung und zur mechanischen Ventilirung, wie sie zu Lariboisière vorhanden ist, bestimmen will, so muß man berücksichtigen, daß die Generatoren den Dampf sowohl zu der einen, als auch zu der andern Benutzung liefern. Man muß daher die in den Büchern der Anstalt angegebenen Zahlen genau untersuchen, da sie den sehr verschiedenartigen Dienst des Hospitals umfassen, und um daher den Brennmaterialverbrauch eines jeden Dienstzweiges zu bestimmen, würden specielle Versuche unerläßlich sein.

Man hat mittelst des Dynamometers gefunden, daß zur Bewirkung der Ventilirung eine Nutzkraft von 7 bis 8 Pferden erforderlich sei; wenn diese Kraft auch 10 und selbst 12 Pferde betrüge, so würde sie noch keinen wesentlichen Mehrverbrauch an Brennmaterial veranlassen, da man für 12 Pferdekräfte nur 30 bis 40 Kilogr. Steinkohlen in der Stunde verbrennen würde, welche Menge aber noch nicht einmal für die Officin und die Bäder des Hospitales hinreichen würde, wenn dieselben direct aus den Generatoren geheizt werden würden. Man hat demnach die Dampfhähne so regulirt, daß man allen erforderlichen Dampf durch die Maschine gehen läßt und den in derselben benutzten zu den übrigen Zwecken verwendet. Der scheinbare Verbrauch der Maschine könnte doch bedeutender sein, als zu gewissen anderen Benutzungen, und in gewissen Momenten höher als in anderen, ohne es als Thatsache feststellen zu können, daß die Ventilirung eine gewisse und eine höhere Steinkohlenmenge verbraucht, als zu einer 8-pferdekräftigen Maschine unter den gewöhnlichen Verhältnissen erforderlich ist. Es darf nicht außer Acht gelassen werden, daß der zum Betriebe der Maschine erforderliche Dampf oder die zu seiner Erzeugung benutzten Kohlen nicht allein der Ventilirung zugerechnet werden können, weil der von der Maschine entweichende Dampf gänzlich und sowohl im Sommer als auch im Winter zu den in einem Hospital höchst nöthigen Heizungen benutzt wird. Von der Ventilirung wird nur der Wärmeverlust benutzt, der bei dem Uebergange des Dampfes in eine Maschine stattfindet und nach den gemachten Erfahrungen 2 Prozent beträgt.

2563. Das Waschhaus zu Lariboisière allein erfordert stets eine weit größere Dampfmenge, als die zum Betriebe der schlechtesten Ventilirungsdampfmaschine erforderliche. Sein Verbrauch beträgt wirklich 30000 bis 35000 Kilogr. Steinkohlen monatlich; und wenn die anderen Oekonomiezweige der Anstalt nicht den ganzen, von der Maschine entweichenden Dampf verbrauchten, so würde dieses bei der Waschanstalt der Fall sein.

2564. Was nun die Kosten der Wartung der Maschine beträgt, so lassen sich dieselben auch nicht genau bestimmen, da sie von dem zahlreichen Dienstpersonal des Hospitals mit besorgt wird. Das Waschhaus beansprucht an und für sich ein bedeutendes Personal, während die Kosten der Unterhaltung des Dampfheizapparates gering sind, indem sie keine große Aufmerksamkeit erfordern. Warmwasserapparate erfordern weit mehr Sorgfalt, denn Brüche derselben veranlassen große Nachtheile. Auch sind sie leicht Verstopfungen

Digitized by Google

unterworfen und erleiden eine bedeutende Abnutzung, die man weder verhindern, noch gut erklären kann.

2565. Wenn man bei dem Plan zu einem Hospitalbau sogleich den Entwurf zur Heizung und mechanischen Ventilirung macht, so werden die Anlagekosten für diese letzteren Apparate, die für eine solche Anstalt so höchst wichtig sind und die der Baumeister sofort als eine Hauptsache ansehen mußte, sehr wesentlich vermindert. Man kann selbst den für einen Kranken in einem Saal erforderlichen Raum beschränken und dadurch die Baukosten des Gebäudes vermindern, wenn man eine recht gute Ventilirung vorrichtet. Eine schlechte Ventilirung muß freilich durch große und hohe Krankensäle mit einer beschränkten Anzahl von Betten ersetzt werden. Gut ventilirte, auf den nöthigsten Raum beschränkte Hospitäler sind gesünder, als schlecht ventilirte großartig erbaute.

2566. Die Neuheit der mechanischen Ventilirung hat den Verfasser veranlaßt, sich länger dabei aufzuhalten, um sie möglichst genau kennen zu lernen. Diese Auseinandersetzung wird dadurch vervollständigt, daß die wesentlichen Einreden, die man gegen dieses System gemacht, und die seine Einrichtung verzögert haben, ebenfalls erwähnt werden.

2567. Man hatte die Behauptung aufgestellt, daß der Dampf, da er einen langen Weg zu machen hat, um in die von der Maschine entfernten Säle zu gelangen, bedeutende Verdichtungen veranlassen würde, welche die Circulirung verhinderten oder wenigstens die Heizung verminderten. Zuvörderst hat man Vorsichtsmaßregeln gegen unnöthige Verdichtungen getroffen, allein die Erfahrung hat bewiesen, daß dieser Einwurf gar keinen Werth hat. Man wird dies einsehen, wenn man die Ausströmungsgeschwindigkeit des Dampfes selbst bei geringem Druck berücksichtigt.

2568. Man hat auch behauptet, daß der Ventilator die frische Luft nicht bis zu den entfernten Sälen treiben könnte, und daß in allen Fällen ein bedeutender Theil dieser Luft auf dem Wege verloren ginge. Der Hüttenbetrieb, wobei verdichtete Luft weit längere Wege zurücklegt, ohne daß irgend ein Verlust dieser Art stattfindet, beweist den Unwerth dieses Einwurfs. Brächte man mehrere Ventilatoren an, so könnte man die von der Luft zu machenden Wege abkürzen; allein dadurch würde Beaufsichtigung und Unterhaltung verwickelter und theurer werden, als bei einer Ventilirungsmaschine.

2569. Einige Mediciner haben die Behauptung aufgestellt, daß die in großer Menge in die Säle gelangende Luft ungeachtet der Ausgangsöffnungen sich anhäufen und bald einen bedeutenden Druck erlangen könnte; auf diese Weise würden die Kranken in eine dichtere Atmosphäre gelangen, welches bei sehr vielen Krankheiten nachtheilig sein müßte. Die Erfahrung hat aber bewiesen, daß bei dem gehörigen Querschnitt der Ausströmungsöffnungen in den Sälen ein solcher Zustand der Atmosphäre gar nicht stattfinden kann.

Berücksichtigt man die Summe der Ausgangsöffnungen, so ist der Ueberdruck so gering, daß er der Beobachtung gänzlich entgeht; er erreicht ein Millimet. Wasser nicht, während die Veränderungen des Barometers häufig noch 1 Centimeter Quecksilber oder 135 Millimet. Wasser erreichen. Man hat daher gar nicht nöthig, sich mit diesem Umstande weiter zu beschäftigen. Man braucht nur die Register gehörig zu öffnen, damit das durch dieselben stattfindende Ansaugen jeden Druck aufhebt und selbst eine

Digitized by Google

kleine Depression in den Sälen hervorbringen kann, wenn dieselbe für zweckmäßig erachtet wird. Man kann daher nach Belieben in den Sälen jeden Grad des Druckes oder der Depression veranlassen.

Herr Graffi hat einige Versuche in dieser Beziehung gemacht: — Bei einer äußern Temperatur von 3,5 Grad und einer innern von 19° bei einer gewissen Oeffnung der Ausflußlöcher konnte die Depression in dem Saale, in welchem die Versuche gemacht wurden, 5,61 Millimet. Aether erreichen. Die successiven Verminderungen dieser Oeffnungen haben diese innere Depression auf 0,405 und dann auf 0,26 Millimet. vermindert, und dennoch strömte die Luft im Verhältniß zu dem bedeutenden Volum von 5422 Kubikmet. in der Stunde ein.

2570. Alle diese Erscheinungen erklären sich sehr leicht; ihre Wirkungen können mittelst der (2031 ff.) in Beziehung auf die Saugessen mitgetheilten Formeln berechnet werden. Sie beweisen, welchen Gewinn alle intelligenten Aerzte aus dem Ventilirungssystem der Herren Thomas und Laurens bei Schwankungen des Druckes, wobei die Depression der Atmosphäre eines Saales zur Heilung gewisser Leiden erforderlich ist, erlangen können.

2571. Man hat auch die Behauptung aufgestellt, daß die Luft bei geöffneten Fenstern, indem dieselbe den leichtesten Weg nimmt und durch diese neue Oeffnung in großen Massen entweicht, gar nicht durch die Ausströmungscanäle gehen würde, und daß ein Theil der verdorbenen Luft, die bereits in den Canälen aufgestiegen ist, wieder zurückströmen und zum großen Nachtheil der Kranken wiederum in den Saal gelangen würde. Wenn man ein Fenster öffnet, so wird dadurch die Summe der Ausströmungsöffnungen vermehrt, die Ausströmungsgeschwindigkeit durch den Canal wird folglich vermindert, aber sie hört niemals auf oder verändert die Richtung, wie es die einfache Folgerung angiebt und die Erfahrung beweist. Die Oeffnung der Fenster könnte nur in dem ausnahmsweisen Fall diesen Zustand der Dinge verändern, wenn man im Winter die Register der Ausströmungsöffnungen regulir thätte, in der Absicht, eine bemerkbare Depression zu erlangen, die dadurch natürlich aufgehoben werden müßte.

2572. Bemerkenswerth sind die Einreden, welche die von dem Präfecten Rath zugezogenen Baumeister der Stadt Paris machten, indem sich diese Herren dahin entschieden, daß bei der mechanischen Ventilirung das Geräusch der Maschinen, besonders das des Ventilators, so wie die Glockenschläge dumpf durch die Luftröhren in die Säle drängen und den Kranken Unannehmlichkeiten verursachten. Die Erfahrung hat diese Angaben als reine Uebertreibungen erkannt.

2573. Die so wenig begründete Gunst, in welcher die Warmwasserheizung und die Ventilirung durch Ansaugen stehen, machen es zur besondern Pflicht, nach Kräften dagegen widerlegend aufzutreten, wie in dem Obigen auch versucht worden ist.

Das Hospital Beaujon mit den Apparaten des Herrn van Hecke.

2574. Der belgische Arzt van Hecke machte schon seit längerer Zeit den Vorschlag, die Ventilirung mit Hülfe einer in einer Ausströmungsesse angebrachten Schraube zu bewirken und dadurch die verdorbene Luft

Digitized by Google

anzusaugen. Die Triebkraft der Schrauben war ein Gewicht, und der Erfinder machte den Versuch, auf diese Weise einen Saal in Brüssel zu ventiliren.

Im Jahre 1855 wurde ein solcher Versuch in dem Hospital von Beaujon wiederholt, wobei man statt des Gewichtes zum Betriebe die Schraube anwendete.

Der Pavillon, in welchem die Apparate aufgestellt wurden, enthält 58 Krankenbetten in drei über einander liegenden Sälen. Die Herrn van Hecke auferlegten Bedingungen bestanden darin, in den Sälen eine Temperatur von 16° zu erhalten und eine regelmäßige Ventilirung von 60 Kubikmet. auf den Kranken und in der Stunde hervorzubringen.

2575. Die Heizung erfolgt mittelst eines gewöhnlichen Wärmeluftofens, der im Kellerraum des Pavillons angebracht ist. Die Luft gelangt durch einen Canal dahin und wird in einem Garten 2 Met. über dem Boden aufgefangen; der abwärts gehende Canal besteht aus Mauerwerk und ist durch eine Zinkröhre von 0,75 Met. Durchmesser verlängert. Die aus dem Ofen ausströmende heiße Luft muß über ein mit Wasser gefülltes Gefäß gehen, um ihr den zweckmäßigen Feuchtigkeitsgrad zu ertheilen. Der Apparat hat eine solche Einrichtung, daß man entweder die ganze oder nur einen Theil der Luft durch den Ofen strömen lassen kann. Die warme Luft erhebt sich alsdann durch eine am Boden des Erdgeschosses und der beiden Etagen in der Mitte der Säle gehende senkrechte Röhre. Im Erdgeschoß ist sie 0,75 Met. weit, in der ersten Etage 0,60 Met., und in der zweiten Etage 0,50 Met. Im Erdgeschoß und in der ersten Etage strömt die warme Luft mittelst zweier Leitungsröhren in den Saal, in der zweiten Etage dagegen durch die ganze Oberfläche der Röhre, welche durch den Boden geht. In den Röhren angebrachte Register gestatten es, das in die Säle einströmende Luftvolum zu reguliren; auf dem Boden rings um die Röhren angebrachte gußeiserne Trommeln nehmen die warme Luft zuvörderst auf und lassen sie durch seitwärts angebrachte gitterförmige Oeffnungen in das Zimmer ausströmen. Diese Trommeln enthalten Roste, um die Wäsche und die Arzenei erwärmen zu können.

2576. Die Luft strömt aus jedem Saal durch vier Oeffnungen am Boden und zwar in den Ecken aus; die Entleerungsröhren der drei Säle erheben sich bis zum Dache, wo sie in vier horizontale Canäle ausgehen, die sich in einer Trommel vereinigen, über welcher eine 0,75 Met. weite Esse angebracht ist. Die senkrechten Canäle sind oben mit Registern versehen, welche den Zweck haben, die Ventilirung der Säle und die Gleichartigkeit derselben in jedem Saale zu bewirken.

2577. Ein Theil der durch die Esse des Luftwärmofens und des Kesselofens der kleinen Dampfmaschine, von welcher wir reden wollen, entweichenden Wärme wird zur Heizung und Ventilirung benutzt. Diese Esse besteht aus Gußeisen und befindet sich in einem concentrischen Canal in der Mauer, welche die Säle von dem Treppenhause trennt; dieser Canal hat in jeder Etage drei Oeffnungen, von denen sich die eine in dem großen Saale, die zweite auf der Treppe und die dritte in einem mit zwei Betten versehenen Zimmer öffnet. Im Winter führen diese Oeffnungen warme Luft ein und im Sommer saugen sie die Luft aus den Sälen und dem Treppenhause an.

Digitized by Google

2578. In dem Kellerraum steht eine Dampfmaschine von zwei Pferdekräften, welche die saugende Schraube in der Esse im Dache bewegt. Diese Schraube oder dieser Ventilator besteht aus einer eisernen Welle in der Achse der Röhre mit zwei senkrecht auf ihrer Richtung stehenden Stangen, auf welcher zwei unter 30 bis 60 Grad geneigte Schaufeln angebracht sind. Ein Theil von dem Dampfe des Generators wird dazu benutzt, um im Erdgeschoß Wasser in Kesseln zu sieden oder zum Gebrauch der Officin zu erhitzen; ein anderer Theil des von der Dampfmaschine entweichenden Dampfes gelangt zu den oberen Etagen, wo er das zu den Bedürfnissen der Kranken nöthige Wasser erwärmt; der größte Theil dieses Dampfes aber geht verloren.

2579. Herr van Hecke hat in der Entleerungsesse und in dem Canal zum Einströmen der äußern Luft ein großes Anemometer angebracht, durch welches man jeden Augenblick die Beschaffenheit der Ventilirung erkennen kann. Dieser Apparat hat dieselbe Einrichtung, wie der Ventilator; er besteht aus zwei ebenen Flügeln von Metallblech, die an Stäben befestigt sind, welche senkrecht auf der Drehungsachse stehen und eine Neigung von 55 Grad zu derselben haben; jeder von diesen Flügeln ist fast eben so lang, als der Halbmesser der Röhre. Dieses Instrument bewegt einen Zähler, welcher die Anzahl der Umdrehungen in einer gewissen Zeit angiebt, wodurch man die Luftmenge annähernd bestimmen kann, wenn man die einer Umdrehung entsprechende kennt. Der Zähler zeigt vier Zifferblätter, A, B, C, D, von denen jedes in 100 Theile getheilt ist; jede Theilung des Zifferblattes A entspricht einem Umgange des Anemometers, und durch eine vollständige Umdrehung des Zifferblattes wird das Zifferblatt B um eine Theilung bewegt, u. s. f. Das Instrument kann daher 100 Millionen Umgänge zeigen und ein ganzes Jahr gehen. Will man eine Beobachtung machen, so fängt man damit an, die Angaben in der Ordnung D, C, B, A auf einer Tabelle, die an dem Zähler selbst angebracht ist, zu bemerken; man läßt alsdann den Apparat mehrere Stunden, Tage oder Monate gehen, liest dann die Angaben der Zifferblätter von neuem ab, und die von der zweiten Beobachtung abgezogene erste giebt die Anzahl der Umdrehungen an.

2580. Herr van Hecke hat auch einen Apparat angewendet, welcher auf einem getheilten Zifferblatt die Beschaffenheit der Ventilirung angiebt; derselbe besteht aus einer Scheibe von Messingblech und aus einem um eine horizontale Welle beweglichen Zeiger, während die Ebene der Scheibe stets durch die Drehungsachse geht. Es ist dies dasselbe Princip, worauf der (421) beschriebene Apparat begründet ist.

2581. Endlich wollte van Hecke in der Absicht, im Sommer die Luft zu erfrischen, in der Röhre, durch welche die äußere Luft einströmt, ein Tuch ohne Ende anbringen, welches durch die Maschine in Bewegung gesetzt würde, und dessen unterer Theil durch das Wasser des Brunnens oder durch mit Eis abgekühltes Wasser ginge. Diese Einrichtung, welche verschiedene Einwürfe hebt, kam nicht zur Ausführung.

Urtheil des Herrn Grassi über die Ventilirung dieses Pavillons.

2582. Graduirung des Anemometers von van Hecke. — Um dieses Anemometer zu graduiren, ließ Herr Grassi, der sich viel mit dem van Hecke'schen Apparate beschäftigte, denjenigen Theil der Röhre,

Digitized by Google

in welcher sich das Rad bewegt, durch zwei Männer tragen, die sich gleichförmig in einem verschlossenen Saale bewegten, und zwar parallel mit der Röhrenachse, indem man den durchlaufenen Weg und die Anzahl der von dem Nachzähler angegebenen Umdrehungen maß und zählte. Indem er nun die Dauer des Durchgehens derselben Entfernung von 22 auf 45 Secunden verlängerte, hat sich die Anzahl der Umdrehungen von 70 nur auf 75 verändert, so daß die Mittelzahl 72 ist. Herr Grassi hat daraus gefolgert, daß sich die Anzahl der Umdrehungen wie die Geschwindigkeit verhalte, und indem er annahm, daß das durch den Cylinder strömende Luftvolum gleich der Uebertragungsgeschwindigkeit des Apparates ist, folgerte er aus diesen Versuchen, daß jede Umdrehung einem Luftvolum von 0,46 Kubikmet. entspreche. Ein auf diese Weise graduirtes Instrument kann absolute Angaben nicht machen; allein da es hier nur auf Vergleichungen ankommt, so können die Einwürfe diese Resultate nicht schwächen.

Um nun die Ventilirung durch eine saugende Maschine mit der durch eine blasende, in demselben Local angebrachte, vergleichen zu können, stellte man zu Beaujon eine zweite Schraube parallel mit der ersteren auf, die aber die frische Luft eintrieb und nicht die verdorbene ansaugte. Diese zweite Schraube oder dieser Ventilator wurde ebenfalls durch die Dampfmaschine betrieben, nur war die Bewegungsmittheilung eine einfachere, da sich die Schraube nicht im Dachraume, sondern in der Nähe der Dampfmaschine befand, nämlich in der Röhre im Kellerraum, wodurch die frische Luft einströmte. Indem man nun die eine oder die andere Ventilatorschraube, von denen die eine die Luft aus den Sälen ansaugte, die andere aber die frische Luft in die Säle eintrieb, anwendete, war es leicht, beide Ventilirungsarten mit einander zu vergleichen. Auch war die Einrichtung so getroffen, um dieselben Säle durch die Temperaturunterschiede im Innern und im Aeußern zu ventiliren. Wir wollen zuvörderst von dieser letztern Ventilirung, die man sehr uneigentlich die natürliche genannt hat, reden.

2583. Die natürliche Ventilirung. — Die Ventilirung wird bei einem gänzlichen Stillstand der mechanischen Vorrichtungen bewirkt, indem sie nur eine Folge der inneren und äußeren Temperaturen ist. Die Stellung dieses Apparates war der Ventilirung sehr günstig, da die Ein- und Ausströmungsöffnungen frei und sehr weit waren.

Die Ventilirung wurde mittelst des van Hecke'schen Anemometers, welches in der Esse angebracht war, gemessen; die Anzahl der Umdrehungen wurde regelmäßig um sechs Uhr Morgens und um sechs Uhr Abends beobachtet. Vom Anfang September bis Ende October wurden die Säle nicht geheizt, und dennoch war ihre Temperatur wenig verschieden. Bei den äußeren Temperaturen von 13 und von 7 Graden hat sich die natürliche Ventilirung auf den Kranken und in der Stunde auf 11 und auf 23 Kubikmet. erhoben. In den letzten Tagen des Octobers begann man mit der Heizung der Säle, und es wurde das Feuer in dem Luftwärmofen bis 10 Uhr Abends unterhalten; von Ende October bis Ende November betrug die Ventilirung auf den Kranken und in der Stunde 25 Kubikmet. Obgleich diese Zahlen schon mittlere sind, so zeigen sie doch, daß die gewöhnliche natürliche Ventilirung mit der sich fortwährend verändernden äußern Temperatur schwankt; außerdem ist sie aber allen Einflüssen der Winde ausgesetzt.

Digitized by Google

Bei einer Ventilirung von 15 Kubikmet. auf das Bett und in der Stunde bemerkte man auf den Sälen einen unangenehmen Geruch; bei einer Ventilirung von 25 Kubikmet. verschwindet der Geruch, jedoch unter der Bedingung, daß dieser Ventilirung eine sehr wirksame voranging, wodurch die Säle mit frischer Luft angefüllt wurden. Wir können daher nicht von vorn herein annehmen, daß eine solche Ventilirung Nachts hinreiche, selbst dann, wenn sie am Tage sehr bedeutend war.

2584. Die Ventilirung durch Einblasen. — Herr Grassi hat zuvörderst die von der Ventilatorschraube eingeblasene Luftmenge durch die Geschwindigkeit zu bestimmen gesucht; er hat festgestellt, daß das Volum im Verhältniß zur Anzahl der Kolbenzüge in der Minute stehe und daß bei mindestens 65 Zügen in der Minute, welche fast die Normalgeschwindigkeit der Maschine bilden, jeder Kranke in der Stunde 62 Kubikmet. erhält. Um die Angabe des van Hecke'schen Anemometers mit dem Combes'schen zu vergleichen, hat Herr Grassi vor dem erstern, welcher sich in der Einströmungsröhre der kalten Luft und auf einem Drittel des Halbmessers über dem Mittelpunkt befand, ein Combes'sches Anemometer angebracht und die Umdrehungen beobachtet, die in derselben Zeit das van Heckesche gemacht hatte, oder während das eine oder das andere Anemometer nicht im Gange war. Unter diesen beiden Verhältnissen war die Anzahl der Umdrehungen bei gleicher Stellung des Anemometers und bei gleicher Geschwindigkeit der Maschine 1485 und 1972. Brachte man dasselbe Instrument auf $^1/_3$ des Halbmessers im Mittelpunkt, auf $^2/_3$ des Halbmessers unter dem Mittelpunkt und $^2/_3$ des Halbmessers über dem Mittelpunkt an, so waren die Angaben des Anemometers 1952, 1958, 2522, 2022. Herr Grassi hat die Abweichungen den beiden Knieen zugeschrieben, die sich vor dem Instrument und in einer gewissen Entfernung von demselben befanden.

2585. Herr Grassi hat mehrere Versuchsreihen angestellt, um die von der Maschine eingeblasene Luftmenge, das in die Säle eingeführte Volum und das aus der Esse ausströmende, zu bestimmen; die beiden ersten Volumina wurden mittelst des Anemometers von van Hecke und das dritte mittelst des von Combes gemessen, indem sie in zweckmäßige Stellungen gebracht worden waren. Es werden hier nur die Resultate der ersten Reihe mitgetheilt: das von der Maschine eingeblasene Volum belief sich auf das Bett und in der Stunde auf 65 Kubikmet.; das in die Säle eingeströmte Volum betrug 72 Kubikmet. und das durch die Esse ausgeströmte 30 Kubikmet., ebenfalls in der Stunde und auf das Bett. Die in die Säle eingeströmte Luftmenge ist größer, als die von der Maschine eingeblasene, weil die erstere aus der letztern und aus derjenigen besteht, die sich um die Rauchröhre der Heizapparate erwärmt hat. Die letztere ist geringer als die beiden ersten, weil die Ausgangsöffnungen weit kleiner sind und ein Theil der in die Säle eingeströmten Luft durch die Spalten der Fenster und Thüren entweicht. Herr Grassi ist der Meinung, daß dies ein ganz unwichtiger Gegenstand sei, weil die in die Säle eingeführte Luft stets aus denselben ausströmt, sei es nun durch die Canäle, oder durch die Spalten der Thüren und Fenster.

2586. Es wurden diese Versuche wiederholt, um den Einfluß des Oeffnens der Thüren und Fenster auf das Einströmen der Ventilirungsluft und auf ihren partiellen Ausgang durch die mit der Esse in Verbindung

Digitized by Google

stehenden Canäle kennen zu lernen. Wie man erwarten konnte, so wurde der Eintritt der Luft durch das Oeffnen der Thüren und Fenster begünstigt und der Ausgang durch die Canäle vermindert.

2587. Der Experimentator hat mittelst eines Aethermanometers mit senkrechter Röhre und mittelst eines Kathetometers für die Ventilirungen von 55 Kubikmet. auf das Bett und in der Stunde die Differenz des Druckes gefunden; sie war unmerklich bei einer Ventilirung des Erdgeschosses von 135 Met., aber indem man in dieses Zimmer die gesammte Luft durch die Maschine eintrieb, belief sich der Unterschied des Druckes in Aetherhöhe zwischen 0,74 und 0,94 Millimet.

2588. Ventilirung durch Ansaugen. — Bei dieser Ventilirungsmethode bediente man sich des ersten, in der Saugesse angebrachten Ventilators; die Luftgeschwindigkeiten wurden mit dem van Hecke'schen und dem Combes'schen Ventilator gemessen, und waren die mit beiden erlangten Resultate gleich. Die Ausströmungsgeschwindigkeiten nahmen mit der Zahl der Kolbenzüge der Maschine zu, jedoch langsamer, als wenn der Ventilator in der Einströmungsröhre der kalten Luft angebracht war. Herr Grassi theilt diesen Unterschied zwischen dem Schwanken und dem Gleiten des Seiles, welches die Bewegung aus dem Kellerraum, wo die Maschine angebracht ist, zu dem Bodenraum, wo sich der Ventilator befindet, überträgt, ab. Die mit einer Geschwindigkeit von 60 Zügen in der Minute arbeitende Maschine, entsprach einer Ventilirung von 60 Kubikmet. auf den Kranken und in der Stunde. Alle Versuche, welche bei der Ventilirung durch Druck angestellt wurden, sind in dem vorliegenden Fall wiederholt.

Erlangte Resultate:

	Erste Reihe.	Zweite Reihe.
Aus der Esse ausströmende Luft	62,6 K.-M.	80,6 K.-M.
Luft, die in die Säle durch die Oeffnungen einströmt	52,2 „	54,6 „
Luft, die durch die Thür- und Fensterspalten einströmt	3,3 „	20,3 „
Luft, die von dem Boden in die Esse strömt	7,1 „	5,7 „

2589. Zur Bestätigung der geringen Wirksamkeit in Beziehung auf die Ventilirung der durch die Thür- und Fensterspalten eindringenden Luft hat Herr Grassi einen sehr interessanten Versuch angestellt. In einen Fensterrahmen wurde ein Loch gebohrt; in der Richtung dieser Oeffnung nach dem nächsten Ausgangscanal wurde ein mit essigsaurem Blei getränkter Papierstreifen und senkrecht auf der Richtung der Oeffnung in dem Fensterrahmen ein zweiter solcher Papierstreifen befestigt. Endlich wurde vor der Oeffnung in dem Rahmen und unter dem Fenster eine Schwefelwasserstoffgas-Entwickelung angebracht. Nach einigen Minuten wurde der Versuch unterbrochen, und man fand, daß die Färbung des nach dem Ausströmungscanal gerichteten Papierstreifens auf eine weit größere Länge erfolgt war, als des senkrecht darauf gerichteten.

Der Unterschied des innern und äußern Druckes wurde auf dieselbe Weise gemessen, wie bei der blasenden Ventilirung; bei einer Ventilirung von 107 Kubikmet. auf das Bett und in der Stunde, die man dadurch

Digitized by Google

erlangte, daß man alle angesaugte Luft in einen Saal strömen ließ, betrug der Druckunterschied an der Aetherſäule durchschnittlich 0,65 Millimet.

2590. Vergleichung der beiden Ventilirungssyſteme. — Herr Graſſi hat mehrere Verſuche angeſtellt, um die Zeit zu beſtimmen, die bei dem einen oder dem andern Syſteme, d. h. dem ſaugenden oder blaſenden, erforderlich iſt, um aus einem Saale einen künſtlich hervorgebrachten Geruch zu entfernen. Bei einem erſten Verſuche wurden die Ein- und Ausgangsöffnungen der Luft verſchloſſen, und man hat auf einer rothglühenden Schaufel aromatiſchen Eſſig verdampfen laſſen; die Dämpfe haben den Saal ſehr bald angefüllt und an allen Punkten deſſelben war der Geruch ſehr ſtark. Darauf hat man eine blaſende Ventilirung bewirkt, und es verſchwand der Geruch der Luft bei ihrem Ausgange aus der Eſſe durch eine kleine Oeffnung nach Verlauf von 50 Minuten. Derſelbe Verſuch wurde mit ſaugender Ventilirung wiederholt, und es belief ſich die zum Verſchwinden des Geruches erforderliche Zeit auf 70 Minuten. Bei einem andern Verſuche, der mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten an der Maſchine angeſtellt wurde, betrug die Zeit zum Verſchwinden des Geruches 44 Minuten bei der blaſenden und 65 bei der ſaugenden Ventilirung. Verſuche, die angeſtellt wurden, indem man einen Saal mit Rauch durch die Verbrennung gleicher Gewichtsmengen feuchten Heues anfüllte, nachdem die Kranken daraus entfernt waren, hat ähnliche Reſultate gegeben; bei gleicher Ventilirung durch Anſaugen war zur Entfernung des Rauches mehr Zeit erforderlich als bei der blaſenden.

2591. Koſten. — Die Anlagekoſten für den van Hecke'ſchen Apparat in einem Pavillon von Beaujon werden im Allgemeinen zu 23000 Frcs. angegeben; dieſe Angabe iſt jedoch ſo unſicher, daß ſich darauf ein anderweiter Vergleich für ähnliche Fälle nicht machen läßt.

2592. Das Hoſpital Beaujon enthält vier Pavillons von denſelben Dimenſionen, die mit den Nummern 1, 2, 3 und 4 bezeichnet ſind. Der mittlere tägliche Brennmaterialverbrauch iſt aus den Graſſi'ſchen Verſuchen abgeleitet.

Der Pavillon Nr. 1 wird nicht ventilirt; er wird durch große, mit Steinkohlen gefeuerte, ſowie auch durch kleine Oefen, in denen man Holz verbrennt, geheizt; der Holzverbrauch, nach Geld gerechnet, iſt in Steinkohlen, nach dem Preiſe von 4,50 Frcs. pr. 100 Kilogr., verwandelt. Man verbrauchte alsdann im Durchſchnitt täglich 119 Kilogr. Der Steinkohlenverbrauch würde aber wirklich weit geringer ſein, wenn alle Oefen mit Steinkohlen geheizt würden, und man kann alsdann den Steinkohlenverbrauch auf 101 bis 108 Kilogr. reduciren.

Der Pavillon Nr. 2 wurde mittelſt der Apparate von Duvoir-Leblanc geheizt und ventilirt, und es belief ſich der tägliche Steinkohlenverbrauch im Durchſchnitt auf 129 Kilogr.

Der Pavillon Nr. 3 wurde mit einem großen Warmluftofen, der im Kellergeſchoß angebracht war, geheizt, und der mittlere Brennmaterialverbrauch belief ſich auf 146 Kilogr.

Der Pavillon Nr. 4 endlich wurde durch den van Hecke'ſchen Apparat geheizt und ventilirt, und es belief ſich dabei der durchſchnittliche Verbrauch auf 147 Kilogr.

Digitized by Google

Bei dem jetzigen Zustande des Pavillons Nr. 4 nimmt Herr Grassi die Heiz- und Ventilirungskosten wie folgt an:

200 Heiztage zu 150 Kilogr. Steinkohlen täglich . .	30000	Kilogr.
165 Sommertage à 70 Kilogr. Steinkohlen	11550	=
	41550	Kilogr.

Bei dem jetzigen Steinkohlenpreise von 4,50 Frcs. pr. 100 Kilogr. würde sich der Steinkohlenverbrauch auf 1869,75 Frcs. und auf den Kranken jährlich auf 32 Frcs. belaufen. Im Hôtel-Dieu betragen die Heizungskosten 26 Frcs. Wenn man bei dem van Hecke'schen Apparat den aus der Maschine entweichenden Dampf zur Heizung der Bäder verwendete, wie dies zu Lariboisière der Fall ist, so würden sich die Ausgaben auf die der Heizung allein beschränken, die im Durchschnitt täglich fast 150 Kilogr. betragen würde, vermindert um die Brennmaterialmenge, die zur Erwärmung des Wassers und der Medicin benutzt wird und die fast 36 Kilogr. beträgt. Sie würde sich demnach jährlich auf $144 \times 220 = 22800$ Kilogr. belaufen, d. h. auf den Kranken jährlich 17 Frcs.

Dazu kämen aber nothwendig der Unterhalt der Apparate und der Lohn für den Maschinenwärter. Da diese Maschine nicht wie die zu Lariboisière zur Herbeischaffung des Wassers und zur Versorgung des Waschhauses dient, so müssen diese Kosten gänzlich von der Ventilirung getragen werden.

2593. Die mit dem van Hecke'schen Apparate zu Beaujon vorgenommenen Versuche sind nur im Herbst und Winter angestellt, in welchen Jahreszeiten schon durch die Heizung allein eine Ventilirung von ziemlicher Wichtigkeit entsteht, wie es die (2483) mitgetheilten Zahlen nachweisen. Die Resultate der Sommerventilirung würden nicht allein in Beziehung auf das Volum der Luft und die Kosten, sondern hauptsächlich in Beziehung auf die Gesundheit von Wichtigkeit sein. Zu bemerken ist noch, daß die im Hofe in geringer Höhe über dem Boden, in der Nähe einer Mauer aufgefangene Luft zur Erfrischung der Säle eine weit höhere Temperatur hat, als die über den Dächern aufgefangene. Auch enthält diese Luft weit mehr schädliche Beimengungen, da sie in der Nähe des Hospitals aufgefangen ist.

2594. Man wendet bei dem van Hecke'schen Apparat vorzugsweise die blasende Ventilirung an, indem sie bessere Resultate giebt, als die saugende. Es ist diese Ventilirung freilich auch eine mechanische, wie die zu Lariboisière, allein in praktischer Beziehung weichen beide in mehreren wichtigen Punkten von einander ab; so ist die Ventilirung zu Beaujon in Beziehung auf die Reinheit der aufgefangenen Luft in jeder Jahreszeit und ihre Frische im Sommer nicht sehr zweckmäßig; sie ist auch theurer, weil sie den von der Maschine entweichenden Dampf fast gar nicht benutzt.

Endlich ist auch die Heizung zu Beaujon weit unzweckmäßiger, weil sie aus warmer Luft besteht, die sehr häufig unangenehme und trockene Luft giebt und einer besondern Aufmerksamkeit bedarf, da sie auch weit leichter Feuersgefahr veranlassen kann, als Dämpfe.

2595. In einem sehr großen Etablissement kann der van Hecke'sche Apparat nicht gut benutzt werden, die Schraube einen zu geringen Nutzeffect gewährt, der die Luft nicht weit hineintreiben kann. Auch hat die Dampfheizung mittelst des von der Maschine schon benutzten Dampfes

Digitized by Google

einen großen Vorzug. Ein großes Etablissement müßte auch verschiedene Warmluftöfen haben, während ein Kessel schon ein sehr bedeutendes Gebäude erwärmen kann.

2596. Herr van Hecke hat ein Anemometer erfunden, welches von einigem Nutzen bei der Bestimmung der in einen Saal ein- und ausströmenden Luft sein kann. Zwar muß dieses Anemometer wegen seiner langen Flügel eine gewisse Verminderung des Essenquerschnitts und folglich der Luftmenge veranlassen, die ohne dieses Instrument ausströmen würde. Es kann jedoch diese Verminderung nur sehr gering sein, und wenn die Constanten der Formel zur Berechnung der Luft nach der Anzahl der Umgänge mit wesentlicher Sorgfalt durch Versuche bestimmt sind, bei denen die Geschwindigkeiten an vielen Punkten mittelst des Combes'schen Anemometers beobachtet worden sind, so könnten die Angaben dieses Instrumentes über das Volum der Luft, welches während irgend einer Zeit ausgeströmt ist, sehr genau sein. Es muß jedoch die Beaufsichtigung dieser Anemometer sicheren Personen anvertraut werden; denn es ist leicht, seine Angaben auf vielfache Weise zu verändern, wie z. B. durch verschiedene Arten des Schmierens. Das Anemometer mit Zifferblättern des Herrn van Hecke gewährt ebenfalls keine sicheren Angaben, sobald die Geschwindigkeit der Luft bedeutend ist; die (in 421, 422) angegebenen Einrichtungen sind daher weit zweckmäßiger.

2597. Die von Herrn Grassi angestellten Versuche sind interessant; sie bestätigen und vervollständigen gewissermaßen die von ihm zu Lariboisière angestellten. Dennoch müssen die letzten Folgerungen aus dem Berichte des Herrn Grassi mit Vorsicht aufgenommen werden.

2598. Herr Grassi ist nämlich der Meinung, daß bei einer saugenden Ventilirung der van Hecke'sche Apparat allen übrigen vorgezogen werden müsse. Da aber das Ansaugen stets dieselben Wirkungen hervorbringt, mag es nun durch eine Temperaturzunahme in der Esse oder durch eine saugende Maschine, die dort angebracht ist, hervorgebracht werden, so ist doch Folgendes zu berücksichtigen: Der Unterschied der zu Beaujon und in den Pavillons zu Lariboisière, die durch Warmwasserapparate des Herrn Duvoir Leblanc geheizt und ventilirt werden, erlangten Resultate in Beziehung auf das durch die Thür- und Fensterspalten angesaugte Luftvolum kann nur von einer größeren Anzahl der Oeffnungen oder von einer geringern Depression der Luft in dem Saal in Folge eines größern Querschnittes zum Einströmen der Luft herrühren. Wenn die Ausdehnung der Fenster fast in demselben Verhältniß zur Anzahl der Kranken in jedem Saal der beiden Hospitäler steht, so müßte man dieser letztern Ursache den Unterschied der beobachteten Resultate zuschreiben, und es würde daher dieser Unterschied bei einer Ventilation mittelst einer Zugesse verschwinden, wenn die Oberfläche der Einströmungsöffnung dieselbe bliebe.

2599. Rechnet man nur die Ausgabe für Brennmaterial in dem von Herrn van Hecke ventilirten und geheizten Pavillon, so bestimmt Herr Grassi die tägliche Ausgabe für den Kranken auf $2^1/_2$ Centimes. Man müßte aber zu der Ausgabe für Brennmaterial die Zinsen des Anlagekapitals rechnen und ebenso auch die Unterhaltungskosten für die Maschinen und Apparate, sowie auch endlich den Lohn für den Heizer. Auch läßt Herr Grassi die großen Unregelmäßigkeiten der Heizung unberücksichtigt,

Digitized by Google

die mit Warmluftöfen, besonders während der Nacht, so schwierig zu vermeiden sind.

Da der Brennmaterialverbrauch in dem Pavillon Nr. 3, der durch einen Warmluftofen in dem Kellerraum erwärmt wird, derselbe, wie in dem von Herrn van Hecke geheizten und ventilirten Pavillon ist, so folgert Herr Graffi daraus, daß die Heizung des Pavillons Nr. 3 ebensoviel kostet, als die Heizung und Ventilirung des Pavillons, in welchem die van Hecke'schen Apparate aufgestellt sind. Es ist jedoch diese Folgerung nicht zulässig, zuvörderst weil die Heizung durch einen Warmluftstrom nur in Folge einer gewissen Ventilirung stattfindet, denn der Warmluftstrom kann sich nicht erhalten, so lange die zur Temperatur des Saals erkaltete Luft in die Atmosphäre entweicht und nicht zu dem Ofen zurückströmt, welches in Nr. 3 nicht der Fall ist. Außerdem müssen den Ausgaben für das Brennmaterial des geheizten und ventilirten Pavillons, wie schon bemerkt, die Zinsen von dem Anlagekapital, die Unterhaltung der Maschine und der Lohn des Heizers hinzugefügt werden.

Bemerkungen über die Heizung und Ventilirung der Hospitäler.

2600. Die Einrichtungen, welche dem Princip nach die besten sind, können nicht immer angewendet werden, und die in jedem besondern Fall vorzuziehenden hängen hauptsächlich von der Wichtigkeit der Anstalt und von den Summen, die auf die Construction der Apparate verwendet werden können, ab. Man kann jedoch sagen, daß es im Allgemeinen besser ist, die vollkommensten Apparate ungeachtet höherer Anlagekosten auszuwählen, indem die Zinsen für diese Ausgaben durch die Verminderung der Brennmaterial- und Unterhaltungskosten oder durch bessere Resultate mehr als ausgeglichen werden.

In kleinen Städten von beschränkter Einwohnerzahl enthalten die Hospitäler nur eine geringe Anzahl von Betten, die nicht einmal immer besetzt sind; in diesen können die Mittel zur Heizung und Ventilirung nicht dieselben sein, wie in den Anstalten großer Städte, in denen sich fortwährend Kranke oder Verwundete befinden und in welchen große Summen für mächtige Ventilirungsapparate verwendet werden können.

2601. Bei kleinen Hospitälern ist das einfachste und wohlfeilste Heiz- und Ventilirungssystem, sowohl in Beziehung auf die Anlagekosten, als auch auf die Unterhaltung, das nachstehende:

Die Heizung eines jeden Saales würde durch ein oder durch zwei Oefen von Gußeisen oder von Blech mit doppeltem Mantel und von der in (1595) beschriebenen Einrichtung bewirkt werden können; der Saal würde durch Strahlung und zu gleicher Zeit durch die Ventilirungsluft geheizt werden. Die Rauchröhre würde sich zuvörderst senkrecht erheben, um den Zug hervorzubringen, und sich alsdann horizontal derart ausdehnen, um die verbrannte Luft fast gänzlich abzukühlen. Es müßte diese Röhre auch mit einem Register zur Regulirung der Verbrennung versehen sein, um den Saal in einer zweckmäßigen Temperatur zu erhalten. Um das zu häufige Einschüren frischen Brennmaterials zu vermeiden, könnte man sogenannte Füllöfen anwenden (1797 u. ff.); man könnte alsdann aber nur

Digitized by Google

trockene oder magere Steinkohlen, Cokes oder Anthracit anwenden. Die Bedienung der Oefen müßte durch die Krankenwärter bewirkt werden. Die Ausdehnung der Heizoberflächen ließe sich leicht nach dem (1613) darüber Gesagten berechnen; man nimmt dabei die niedrigste äußere Temperatur und eine Ventilirung von 60 Kubikmet. auf das Bett und in der Stunde an. Es ist sehr leicht, den obern Theil der Oefen so einzurichten, daß dadurch Wasser, Wäsche und Medicin gewärmt werden können; da aber die Heizung der Oefen mit der äußern Temperatur verschieden ist, sie auch nur einen Theil des Jahres dauert, so ist es besser, für diesen Zweck einen besondern Ofen zu haben, der auch zu gleicher Zeit die Ventilirung bewirkt, die Tag und Nacht, sowie Sommer und Winter gleich sein muß.

2602. Das Einströmen der äußern Luft würde durch einen Canal stattfinden, der, für die Säle im Erdgeschoß unter dem Boden angebracht, nach einem offenen Ort hinausgehen und mit einem Apparat versehen sein müßte, um den Einfluß der Winde beim Einströmen der Luft zu reguliren. In die oberen Etagen müßte die äußere Luft durch Canäle zwischen dem Boden und der Decke der zunächst untern Etage eingeführt werden, und es müßten diese Canäle auf den entgegengesetzten Wänden des Gebäudes sich öffnen. Um diese Canäle mit dem herrschenden Winde in Uebereinstimmung zu bringen, müßten sie mit dem in Fig. 495 abgebildeten Apparat versehen sein. Derselbe besteht aus einer Blechplatte AB, die um eine feste horizontale Achse drehbar ist, in welcher sich der Schwerpunkt befindet, und die mit Hülfe von zwei Kanten die Stellungen AB und A'B' annehmen kann, je nachdem der Wind durch das Ende M oder N einströmt. Die Drehungsachse der beweglichen Platte befindet sich unter ihrer Mitte, damit der Wind mehr auf den obern als auf den untern Theil der Platte einwirkt. Der Durchschnitt der Einströmungscanäle der Luft und des ringförmigen Raumes um die Oefen müßte darauf berechnet werden, daß man wenigstens eine Geschwindigkeit von 2 Met. in der Secunde annimmt. Für einen Saal mit 30 Betten würde daher das in der Secunde angesaugte Luftvolum $\frac{30 \times 60}{3600} = 0{,}50$ Kubikmeter sein, und der Durchschnitt des Canals unter der Annahme von zwei Thüren würde $\frac{0{,}50}{2 \times 2} = 0{,}125$ Kubikmet. betragen.

2603. Das Ansaugen würde eine Esse bewirken, welche die Rauchröhre des Ofens der Officin enthält und in welche auch die verbrannte Luft aus den Heizöfen strömt; es würde hinreichend sein, die Temperatur der Luft auf 20° zu erhöhen. Nimmt man eine 10 Met. hohe Esse an, so würde die Geschwindigkeit, wenn man die Widerstände unberücksichtigt läßt, 3,80 Met. betragen, zu welcher noch die aufsteigende Kraft der Luft zwischen den doppelten Wänden der Oefen, wenn dieselben gefeuert werden, gefügt werden muß. Da die Querschnitte für das Durchströmen der Luft hinreichend sind, so wird ihre Geschwindigkeit in der Esse stets mehr als 3 Met. betragen. Da ein Kilogr. Steinkohlen 1200 Kubikmet auf 20° erwärmen kann, so würde die Ventilirung auf den Kranken und in der Stunde $\frac{1 \text{ Kilogr.} \times 60}{1200} = 0{,}05$ Kilogr. betragen und folglich täglich $0{,}05 \times 24 = 1{,}20$ Kilogr. kosten. Rechnet man 100 Kilogr. Steinkohlen zu 5 Frcs., so würde

Digitized by Google

ſich die tägliche Ausgabe der Ventilirung für den Kranken auf 0,06 Frcs. und jährlich auf 21,90 Frcs. belaufen, wobei aber die Unterhaltungskoſten und die Löhne unberückſichtigt bleiben. Dieſe letzteren Koſten würden ſehr gering ſein, weil man bei guter Aufſicht einen beſondern Heizer nicht braucht; dagegen würde die Unterhaltung der Heiz- und Ventilirungsapparate wegen der häufigen Reparaturen, deren die Oefen bedürfen, ſowie auch wegen der ſehr ſchnellen Abnutzung der blecherneu Rauchröhren, wohl zu berückſichtigen ſein.

2604. In einem Saal von 30 Betten, den wir als Beiſpiel angenommen haben, würde ſich der Brennmaterialverbrauch in der Saugeſſe nach den obigen Zahlen nicht höher als auf 1,50 Kilogr. in der Stunde belaufen; es iſt dies ein geringer Aufwand, der ſich im Winter durch die Wirkung des warmen Rauches und auch noch dadurch vermindert, daß in dieſer Jahreszeit der Zug durch den Ueberſchuß der innern Temperatur über die äußere begünſtigt wird.

Der Saugherd muß eine langſame Verbrennung haben, die man durch große Roſte, durch Feuerung von trockenen Kohlen, Kokes oder Anthracit, oder durch einen thönernen Cylinder erlangt, deſſen oberer Theil mit einem Roſt verſehen iſt, unter welchem ſich ein verſchloſſener Aſchenfall befindet; derſelbe hat eine Oeffnung zum Einſtrömen der Luft, welche man nach Belieben vergrößern oder verkleinern kann. Die kleinen Veränderungen bei der Stärke des Feuers haben wegen der in dem Eſſenmauerwerk enthaltenen Wärme keinen Einfluß auf die Ventilirung.

2605. Den Rauch oder die verlorne Wärme des Ofens in der Officin zur Hervorbringung eines Theiles von dem Zuge der Ventilirungseſſen zu benutzen, iſt nicht rathſam, weil dieſelben eine zu verſchiedene Einrichtung haben und höchſtens zur Lüftung der Abtritte verwendet werden könnten. Auch verbrennt ein Ofen in einer Apotheke für 30 Betten höchſtens 18 bis 20 Kilogr. Steinkohlen täglich, und iſt daher die aus einem ſolchen Ofen unbenutzt entweichende Wärme ſehr geringfügig.

2606. Bei dieſer Ventilirung müßte die Zimmerluft ſtets unten in die Eſſe einſtrömen; im Winter müßte ſie auch aus dem Saal durch den untern Theil entweichen, im Sommer dagegen, wenn die äußere Luft eine niedrigere Temperatur hat, als die der Säle, müßte ſie aus dem obern Theil ausſtrömen; denn ginge ſie aus dem untern Theil aus, ſo würde, da ſie das Beſtreben hat, zu Boden zu ſinken, dies Ausſtrömen ohne Erneuerung der Luft in hinreichender Höhe im Saale erfolgen, und es würde die Ventilirung ihren Zweck nur ſehr unvollkommen erreichen. Um die Luft an der Sohle möglichſt gleichförmig ausſtrömen zu laſſen, müßte man rings um den Saal in der Dicke der Mauern, oder denſelben vortretend, einen Canal mit zahlreichen Oeffnungen anbringen, die zu dem untern Ende der Eſſe gehen. Um aber die Ausſtrömung durch den obern Theil des Zimmers zu bewirken, müßte rings um die Decke ein Canal angebracht ſein, der ebenfalls viele Oeffnungen enthielte und in zwei ſenkrechte Käſten ausliefe, welche zu beiden Seiten der Eſſe angebracht ſind und die unten mit ihrem Innern in Verbindung ſtehen. Die Oeffnungen der beiden unten und oben um das Zimmer herum gehenden Canäle müßten mit Regiſtern verſehen ſein, deren Stellung eine ſolche ſein müßte, daß ein jedes von ihnen in gleicher Zeit dieſelbe Luftmenge hindurch ließe, und wenn ihre Entfernungen auf dieſe Weiſe beſtimmt werden, ſo würden die entſprechenden Regiſter am Boden und an der Decke durch Stangen derart zu vereinigen

sein, daß das obere geschlossen wäre, wenn das untere offen stände, und umgekehrt.

2607. Das Volum der aus den Sälen ausströmenden Luft könnte leicht und zu jedem Augenblick mittelst eines festen Anemometers mit einem Zifferblatt von der (421) angegebenen Einrichtung bestimmt werden können. Man könnte auch ein Luftthermometer (563) benutzen, indem man durch Versuche den mittleren Ueberschuß der Temperatur in der Esse während der Heizmonate und während des Sommers bestimmt.

Die Oeffnung des Herdes müßte in der kleinen Apotheke angebracht sein, welche sich neben dem Krankensaale befindet

Ebenso würde es auch zweckmäßig sein, den obern Theil der Esse mit einem Apparat zu versehen, wodurch der Einfluß der Winde vermieden wird.

2608. Für ein kleines Hospital würde die obige Heizung und Ventilirung in Beziehung auf die Anlagekosten allen übrigen Methoden vorzuziehen sein. In Beziehung auf eine gute Wirkung und auf die jährlichen Ausgaben würde sie noch besser als die Anwendung von Warmwasserapparaten sein, jedoch nicht so gut als die mechanische Ventilirung mit Benutzung des Dampfes zur Heizung. Es ist häufig, selbst in amtlichen Berichten, behauptet worden, daß die Warmwasserapparate den besondern Vortheil darböten, aller Wirkung selbst während der Nacht zu entbehren, so daß daher auch die Löhne für die Nachtheizer wegbleiben könnten; dies ist aber ein großer Irrthum, der für manchen Kranken traurige Folgen gehabt hat. Es läßt sich dies leicht beweisen. Wir wollen annehmen, daß man Abends das Feuer in einem Warmwasser-, Heiz- und Ventilirungsapparat hat ausgehen lassen, indem der Druck des Wassers auf seiner obern Grenze und die Säle eine Temperatur von 16 bis 17 Grad haben. Der Apparat muß nothwendig erkalten, und diese Erkaltung muß um so schneller vor sich gehen, da die äußere Temperatur in der Nacht schnell sinkt. Morgens 3 bis 6 Uhr wird diese Temperatur am geringsten sein, und sie wird um so mehr auf die der Säle zurückwirken, je weniger Wärme dieselben von den Oefen erhalten, in denen das Wasser alsdann bedeutend kalt geworden ist. Auf diese Weise kommt das Sinken der äußern Temperatur zu der des Wassers, um die Säle abzukühlen. Diese Abkühlung ist bei einigen Hospitälern, die mit Warmwasserapparaten nach dem System von Duvoir-Leblanc erwärmt und ventilirt werden, oft so bedeutend gewesen, daß viele Klagen daraus entstanden sind.

2609. Es erfordern daher alle Heizmethoden in den Hospitälern eine fortwährende Wartung, sobald eine regelmäßige Wirkung erhalten werden soll. Nur kann in den kleinen Hospitälern mit Warmwasser- und Warmluftapparaten, sowie mit Saugessen, diese Wartung den Krankenwärtern überlassen werden, während die mechanische Ventilirung auch bei Nacht einen Heizer erfordert, dessen Kosten nicht immer durch die Ersparung an Brennmaterial ausgeglichen werden, welche die Benutzung des aus der Maschine ausströmenden Dampfes veranlaßt.

2610. Es folgt aus den obigen Betrachtungen, daß man wegen der Nothwendigkeit eines Nachtheizers und wegen der höheren Anlagekosten der Anwendung einer Ventilirungsmaschine mit Dampfheizung nur dann den Vorzug geben kann, wenn es sich um ein Hospital mit wenigstens 100 Betten handelt. Eine Ventilirungsmaschine muß nothwendig einer Saugesse vorgezogen werden, selbst für ein kleineres Hospital, sobald es

Digitized by Google

möglich wird, dieselbe mittelst einer Turbine zu bewegen, welche das Gefälle des in der Anstalt verwendeten Wassers benutzt. In vielen Städten befindet sich das Wasser in einer hinreichend großen Höhe, so daß, wenn es in den Behälter des Hospitals gelangt, es im Stande ist, die verlangte Kraft zu einem Ventilator wenigstens während der Nacht zu liefern. Der Apparat würde alsdann so einfach sein, daß er ohne eine besondere Beaufsichtigung während der Nacht wirken könnte.

2611. Wenn es sich um ein Hospital handelt, welches sehr viel Kranke enthält, so wird die mechanische blasende Ventilirung in allen Fällen und unter allen Verhältnissen in Beziehung auf die Kosten aller Art vortheilhafter.

2612. Um recht gesunde Luft aufzufangen, muß dies wie zu Laribosière in möglichst bedeutender Höhe bewirkt werden, indem sie dort jedenfalls reiner als in der Nähe des Bodens ist. Da die Luft von unten nach oben getrieben wird, so sind die übelriechenden Dünste weit schneller weggeschafft, als wenn dieselbe Luftmenge angesaugt wird, wie übrigens die oben mitgetheilten Versuche beweisen. Endlich kann man auch, wenn es erforderlich ist, die Ventilirung mittelst einer Maschine weit eher steigern, als durch eine Esse, deren Wirkung mit dem Brennmaterialverbrauch weit langsamer und mit einem Maximum steigt, welches nicht übergangen werden kann.

2613. Die jährlichen Ausgaben, sowie die Heizer- und Wartungslöhne bei den Maschinen bleiben dieselben, mögen die letzteren mit zwei oder mit zehn Pferdekräften arbeiten. Wenn die Wärme des von der Maschine entweichenden Dampfes nützlich verwendet werden kann, so reduciren sich die wirklichen Ausgaben für die Heizung und Ventilirung auf die für die Heizung allein, auf die Löhne für die Heizer, auf die Unterhaltungskosten der Maschinen und auf die Zinsen des Anlagekapitals für die Construction der Apparate. In großen Hospitälern kosten aber die Heizungskosten für einen einzigen Herd mittelst Dämpfen bei gleichen Wirkungen sicher weniger, als die Heizung durch mehrere Oefen oder Luftwärmöfen, wenn man die Ausgaben aller Art zusammenfaßt. Da die Erhöhung der Ausgabe, die aus den Apparaten hervorgeht, welche sich auf die Ventilirung und nutzbare Verwendung der Wärme beziehen, unseres Erachtens nach nur gering sein würde, so darf man nicht anstehen, zu gleicher Zeit Heizung und Ventilirung durch Dampf hervorzubringen, indem man die Wärme des expandirten Dampfes zur Heizung der Ventilirungsluft und zu verschiedenen anderen Zwecken verwendet, zu denen sie stets gänzlich benutzt werden kann. Bei jedem Etablissement wird ein ernstliches Studium der Frage, unter der Voraussetzung der Heizung und Ventilirung eines jeden Saales oder eines jeden Pavillons durch Oefen und Saugessen, oder durch Heizung und mechanische Ventilirung mittelst eines einzigen Herdes, leicht zu einer Bestimmung der Kosten in beiden Fällen führen. Am häufigsten werden die Anlagekosten für eine blasende Ventilirung mit Dampfheizung durch das Vorhandensein eines Dampfkessels und zuweilen selbst einer Maschine zur Bedienung der Bäder und des Waschhauses vermindert werden.

2614. Die zweckmäßigsten Einrichtungen würden immer noch die sein, welche im Hospital Laribosière angewendet werden, indem dort dieselben Generatoren und dieselbe Maschine, von denselben Wärtern bedient, zu gleicher

Digitized by Google

Zeit zur Heizung und Ventilirung, zu den Bädern, dem Waschhause und zur Wasserhebung angewendet werden. Es bliebe übrigens noch zu untersuchen, ob es nicht weit vortheilhafter sein würde, die durch die Maschinen eingetriebene Luft durch unterirdische gemauerte Canäle zu leiten. Die Oberflächen dieser Leitungen müßten mit Ueberzügen versehen sein, welche geeignet wären, Verluste und Feuchtigkeit zu vermeiden, wohin der hydraulische Cement, Alaungyps und Bitum gehören, welche Mittel jedoch stets nur dann anwendbar sind, wenn sie zu gleicher Zeit mit dem Bau des Gebäudes verbunden werden. Es ist stets vortheilhaft, die Luft in die Säle durch senkrecht von unten nach oben gerichtete Ströme ausgehen zu lassen. Es ist auch von Wichtigkeit, daß die Ströme der äußern Luft von oben nach unten gerichtet seien, und daß sie von einer gewissen Höhe ausgehen; sie suchen alsdann den obern Theil des Saales zu erreichen, welches nothwendig der Fall ist, wenn die Temperatur dieser Ströme höher ist, als die des Saales. Findet das Entgegengesetzte statt, wie es im Sommer der Fall ist, so würde die Ausströmungsgeschwindigkeit vermindert werden und die eingetriebene und durch besondere Ausströmungssessen angesaugte Luft könnte eine zur Lüftung erforderliche Höhe nicht erreichen. Es würde zweckmäßig sein, in den Entleerungscanälen stets Oeffnungen zu haben, die man nur unter besonderen Umständen öffnet, wenn z. B. die äußere Luft zu einer Temperatur gelangt, die unter der der Säle steht; in diesem Fall würde es zweckmäßig sein, die kalten Luftströme auf den Boden fallen zu lassen; die oberen Oeffnungen in den Sälen sind jedoch bei einer blasenden Ventilirung weniger nothwendig als bei Saugessen, und zwar wegen des sehr starken Zuges, welcher in den Einströmungsöffnungen der Luft zu der Esse herrscht und dahin wirkt, die aufsteigende Geschwindigkeit der Ströme zu vermindern. Man könnte zuweilen den Nachtheizer vermeiden, wenn man am Tage ein gewisses Wasservolum hebt, welches während der Nacht ausströmt. Der schon wiederholt erwähnte englische Arzt Arnott hat im Hospital zu York einen Ventilirungsapparat aufgestellt, welcher durch das Wassergefälle wirkt. Dieser in Fig. 595 im senkrechten Durchschnitt dargestellte Apparat besteht aus einem blechernen Cylinder FFFF von 6 Fuß (engl.) Durchmesser und 5 Fuß Höhe; derselbe ist mittelst einer Kette GG an dem einen Ende des Balanciers GNP aufgehängt, während an dem andern mittelst einer Kette Q ein Gegengewicht R hängt. Die Glocke bewegt sich in einem blechernen Cylinder ABCD, in welchem ein längerer Cylinder EE concentrisch angebracht ist, so daß zwischen beiden ein ringförmiger Raum bleibt, der mit Wasser angefüllt ist. Das offene Ende des Cylinders FF ist stets in dieses Wasser getaucht, und wenn dieser Cylinder abwärts geht, so öffnen sich die Ventile H, um Luft in jenen einströmen zu lassen, während sich zu gleicher Zeit die Ventile K öffnen, um das Innere des Cylinders mit den Luftleitungsröhren in Verbindung zu setzen. Wenn der Cylinder aufsteigt, so verschließen sich die Ventile H und K, und es öffnen sich die Ventile L und I. Eine kleine Wassersäulenmaschine i von 2 Zoll Durchmesser ertheilt mittelst der Stange k dem Balancier eine schwingende Bewegung um die Zapfen O. Die abwechselnde Bewegung wird dadurch hervorgebracht, daß man hinter einander die Verbindung des Triebcylinders i mit dem Behälter ON durch die Röhre ab oder mit dem Gefäß V durch die Auslaßröhre g herstellt. Diese abwechselnde Verbindung wird mittelst des Schiebers c, der durch die Stange l in Bewe-

Digitized by Google

gung gesetzt wird, bewirkt; es lassen nämlich die Knaggen m und n den Hebel pq auf- und niedergehen. h ist ein Behälter mit verdichteter Luft, C der Lufthahn und S und T sind Federn zur Verhinderung der Stöße. Dieser Apparat ist, wie man sieht, ziemlich verwickelt, und es würde daher gewiß weit einfacher sein, das Wasser auf eine Turbine wirken zu lassen; das Ganze nimmt übrigens viel Platz ein. Alle solche Mittel sind jedoch nur dann ausführbar, wenn die Anstalten nur eine kleine Anzahl von Kranken enthalten.

2615. Was nun die Ventilirungsmaschine selbst betrifft, so ist es nur von geringer Wichtigkeit, daß sie einen mehr oder weniger großen Theil der Dampfarbeit benutzt, sobald die Wärme des expandirten Dampfes mit Nutzen verwendet werden kann. Dagegen würde es in allen Fällen von Wichtigkeit sein, die einfachsten Apparate anwenden zu können und den Ventilatoren eine solche Einrichtung zu geben, daß sie kein Geräusch machen.

2616. In Beziehung auf die Ventilirung würde es ohne Zweifel sehr vortheilhaft sein, die äußere Luft durch eine große Anzahl von Oeffnungen in dem Fußboden und hauptsächlich rings um die Betten einströmen zu lassen, während die Ausströmungsöffnungen für die Luft aus dem Saal in der Decke oder wenigstens in einem Canal angebracht werden müßten, der rings um die Decke läuft. Auf diese Weise würde jeder Kranke fortwährend frische Luft einathmen, während er bei der gewöhnlichen Einrichtung nur jene aufnehmen kann, die durch ihren Aufenthalt in dem Saale schon mehr oder weniger verunreinigt ist. Eine solche Einrichtung würde aber viele praktische Schwierigkeiten haben, und man könnte fürchten, daß, wenn unreine Substanzen in die Oeffnungen am Boden geriethen, welches sich nur sehr schwierig vermeiden lassen würde, dieselben stets Veranlassung zur Verunreinigung der Luft geben müßten. Außerdem müßte die durch die Fenster und Mauern entwichene Wärme durch ausstrahlende Oberflächen ersetzt werden; würde dieses nicht der Fall sein, so müßten sich gegen die inneren Fenster- und Maueroberflächen niedergehende Ströme bilden; dadurch würde mehr oder weniger verdorbene Luft zu dem Boden zurückgehen, welche sich mit der Ventilirungsluft vermischen würde.

2617. Obgleich die auf gewöhnliche Weise eingerichteten Heiz- und Ventilirungsapparate, bei denen die Luft zuvörderst von unten nach oben und alsdann von oben nach unten strömt, in Beziehung auf die von den Kranken eingeathmete Reinheit der Luft Vieles zu wünschen übrig lassen, freilich um so weniger, je größer das angewendete Luftvolum ist, so würde es doch sehr wünschenswerth sein, wenn alle Hospitäler mit solchen Apparaten versehen wären. Es würde daraus ohne allen Zweifel eine sehr große Verbesserung in dem Gesundheitszustande hervorgehen und sicher das Verschwinden der den Hospitälern eigenthümlichen Krankheiten, die eine Folge der mangelhaften, unwirksamen, unregelmäßigen und unzulänglichen Ventilirung sind, bewirkt.

2618. Obgleich die mechanische blasende Ventilirung in jeder Hinsicht der Ventilirung durch eine Saugesse vorgezogen werden muß, selbst dann, wenn diese Esse vom Boden ausgeht, wenigstens für große Hospitäler, so wird man doch leicht einsehen, daß es Leute giebt, welche die Anwendung von Maschinen verwerfen, indem sie dieselben für sehr verwickelt halten, und daher der Ventilirung durch eine Saugesse den Vorzug geben. Die

Digitized by Google

Gründe dafür sind: daß sie einfach ist, nicht in Unordnung geräth und daß sie ungeachtet der bedeutenderen Ausgaben für Brennmaterial doch geringere Zinsen für das Anlagekapital und geringere Unterhaltungskosten verursacht. In Beziehung auf den Verbrauch würden die wirklichen Kosten sehr bedeutend sein; denn die Brennmaterialmenge für die Ventilirung mittelst einer Esse wurde zu 21,90 Kilogr. auf das Bett gefunden und beträgt daher bei einem Hospital mit 600 Betten 13140 Frcs.; diese Summe ist aber sicher weit bedeutender, als die Zinsen von dem Anlagekapital für die Maschinen, sowie die Kosten für die Unterhaltung, das Brennmaterial und den Maschinenwärter. Es muß hier noch bemerkt werden, daß die Ausgaben für die erste Anlage der Luftcanäle, die von der Maschine zu den Sälen und aus diesen zu den Essen gehen, bei der mechanischen Ventilirung sicher geringer, als bei der durch Lüftungsessen sein würden.

Der Haupteinwurf gegen die Anwendung der mechanischen Ventilirung verschwindet in allen Anstalten, in denen bereits ein Dampfkessel oder eine Dampfmaschine zu anderen Zwecken vorhanden ist.

Sowohl bei einer mechanischen, als auch bei einer Ventilirung mittelst Saugesse kann die Heizung durch Dampf oder mit heißem Wasser bewirkt werden; bei dem letztern müßten aber die Wasserbehälter nur eine sehr geringe Räumlichkeit haben, damit die Heizung den Schwankungen der äußern Temperatur etwas folgen könnte.

2619. Bei einer Ventilirung mittelst Ansaugens würde eine vom Dach ausgehende Esse mit Oefen irgend einer Art die schlechteste Einrichtung sein, die man nur anwenden könnte: 1) weil das Ansaugen derselben Luftmenge eine weit größere Ausgabe für Wärme erfordert, als wenn man die Luft niedergehen und durch eine vom Boden ausgehende Esse ausströmen läßt, wie dieses auch bereits (2064) nachgewiesen worden ist; 2) weil die Heizoberflächen eine bedeutende Ausdehnung haben müssen und daher große Anlagekosten veranlassen würden; 3) weil es sehr schwierig sein würde, ein permanentes Maß für die Ventilirung zu haben und folglich sie zu reguliren, selbst wenn die Heizung des Essenofens besonders bewirkt würde.

2620. Bei allen Systemen und bei allen möglichen Heiz- und Ventilirungs-Einrichtungen (es kann dieses nicht genug wiederholt werden) ist es nothwendig, in den Sälen oder in deren Nähe einen permanenten Apparat anzubringen, der in jedem Augenblick die Beschaffenheit der Ventilirung angiebt, sowie auch einen andern, welcher dieselbe aufzeichnet. Diese Apparate sind hauptsächlich dann unerläßlich, wenn die Ventilirung in Unternehmung gegeben ist. Wenn der Unternehmer einer Heizung und Ventilirung unter irgend einem Vorwande die Vorrichtung dieser Controlapparate verhindern wollte, so würde man sogleich zu der Vermuthung gelangen, daß er seinen Contract nicht gehörig halten wolle.

Bei der mechanischen Ventilirung kann der registrirende Apparat nur in einem gewöhnlichen Zähler bestehen, der entweder an der Triebmaschine oder an dem Ventilator angebracht ist. Bei den verschiedenen Arten der Ventilirung durch Ansaugen sind aber die Controlmittel mehr oder weniger verwickelt und geben leicht Veranlassung zu Irrthümern.

2621. Auch die Temperatur der Säle, sowie die Luftvolumina, die in dieselben gelangen, müssen fortwährend einer Bestimmung unterworfen werden. Am Tage läßt sich diese sehr leicht mit gewöhnlichen Thermo-

Digitized by Google

metern ausführen, aber des Nachts wird die Anwendung von Minimalthermometern nothwendig. Die Benutzung dieser letzteren hat gezeigt, wie irrig die Meinung mancher Schriftsteller oder amtlichen Berichterstatter ist, daß man bei der Warmwasserheizung die Feuerung des Nachts gänzlich unterlassen könne, ohne daß die Temperatur in den Krankensälen wesentlich unter die vorschriftsmäßige Zahl von 15° hinabginge. Die Temperatur sinkt aber wohl unter diese schon so niedrige Gradzahl hinab.

2622. Unglücklicher Weise giebt es mehrere große Hospitäler, deren Verwaltungen die Ausgaben, welche die Construction der Ventilirungsapparate beansprucht, nicht zu machen im Stande sind, und die daher nur mit minder kostbaren Verbesserungen nach und nach vorwärts gehen können. Bei diesen Anstalten läßt sich weiter nichts thun, als die Säle nach und nach durch eine Saugesse zu ventiliren, wie es weiter oben angegeben worden ist, als die Rede von den kleinen Hospitälern war. Die Anlagekosten würden gering sein, denn Oefen giebt es überall, und es würde hinreichend sein, sie mit einem thönernen oder blechernen Mantel zu umgeben und den Zwischenraum zwischen den Oefen und Mänteln mit äußerer Luft auszufüllen, sowie eine Esse von hinreichendem Querschnitt einzurichten, die eine blecherne oder gußeiserne Röhre von dem Apothekenofen aufnimmt, in welche die verbrannte Luft aus den Heizofenröhren einströmt, um den untern Theil der Saugesse mit den Canälen in Verbindung zu setzen, die an dem obern und untern Theile der Zimmer angebracht und mit zweckmäßigen Oeffnungen versehen sind. Der Verfasser ist der Meinung, daß es, um eine mögliche Gleichförmigkeit der Heizung und Ventilirung zu erlangen, nothwendig sein würde, daß die Anzahl der Betten in einem Saale 20 nicht überstiege. Die aus diesen Einrichtungen hervorgehenden Verbesserungen würden nur wenig Kosten verursachen, und es würde dies schon ein großer Fortschritt gegen jene große Anzahl von Hospitälern sein, wenn man diese Veränderungen auf den Luftzutritt durch den Raum zwischen den Oefen und den Mänteln und durch eine nur unten offene Saugesse beschränkte.

Siebentes Capitel.

Heizung und Lüftung der Volksschulen, der Freisäle, Kleinkinderbewahranstalten u. s. w.

Die Volksschulen und die Freisäle.

2623. Die Volksschulen und die Freisäle sind oft wegen ihres feuchten Bodens oder wegen der schlechten Einrichtung der Abtritte ungesund; dies rührt aber hauptsächlich von der mangelhaften Ventilirung her, und um so mehr, da diese Säle gewöhnlich so viel Kinder aufnehmen, als nur möglich ist, und niemals eine bedeutende Höhe haben. Nun kann man zwar die Luft in den Sälen Morgens und in den Zwischenzeiten während der Unterrichtsstunden erneuern, indem man, wenn es die Witterung gestattet, die

Fenster öffnet; allein die periodische Erneuerung der Luft ist, selbst wenn sie vollständig erfolgt, nicht hinreichend, und es giebt wenige Tage im Jahre, während deren die Fenster fortwährend geöffnet werden könnten, indem dies von sehr vielen Uebelständen, wie äußeres Geräusch, Wind, Regen und Kälte, verhindert wird. Auch nehmen in allen Jahreszeiten und oft häufig schon dann, wenn die Kinder eine Stunde in den Classen oder Freisälen gewesen sind, diese einen unerträglichen Geruch an. Dadurch muß sowohl die Gesundheit der Kinder, als auch die der Lehrer leiden, um so mehr, da die Luft in solchen Räumen durch das Athmen und die Unreinlichkeit der Kinder nothwendig verdorben werden muß.

Die Lüftung der Volksschulen und Freisäle durch Erneuerung der Luft ist daher eine wichtige Sache, wohl geeignet, die Aufmerksamkeit aller derjenigen zu erregen, welche an der Leitung oder Beaufsichtigung dieser Etablissements Theil nehmen.

2624. Der Verfasser des vorliegenden Werkes hatte als früherer Generalinspector der Unterrichtsanstalten in Frankreich Gelegenheit, den schlechten Zustand der genannten Anstalten kennen zu lernen, und hat darüber Berichte und einige Schriften geliefert, woraus er hier das Wichtigste zusammenstellt. Außer den relativen Verhältnissen der Heizung und Ventilirung, die hierbei in besondern Betracht kommen, ist es auch nothwendige Bedingung, daß die Apparate so einfach als thunlich sind, daß sie leicht reparirt werden können und gegen alle Unfälle gesichert sind; daß sie die Wärme möglichst gut benutzen und in dem Schulzimmer selbst angebracht sind, weil sie der Lehrer selbst warten muß. Man kann diesen Bedingungen nicht anders genügen, als wenn man einen Ofen anwendet, in welchem die Luft ohne ein anderes Mittel, als durch Metallplatten, erwärmt wird.

2625. Die Figg. 596, 597 u. 598 stellen die gesammten und zweckmäßigsten Einrichtungen für eine solche Anstalt dar. Die erste Figur ist ein Längendurchschnitt von einem Gebäude, welches eine Schule von zwei Etagen enthält; die Fig. 597 ist ein senkrechter Durchschnitt durch die Oefen und Fig. 598 ein senkrechter Durchschnitt nach einem etwas größern Maßstab, aus welchem man die Einrichtung der Saugesse erkennt. **A** ist die Erhöhung oder die Estrade für den Lehrer; **BB**, Bänke für die Schüler; **CC**, Oefen, welche die von außerhalb angesaugte Luft erwärmen; **DD**, Rauchröhren, welche den Saal der ganzen Länge nach durchlaufen und in die Saugesse ausgehen; **E**, Saugesse; **FF**, Kästen von Holz oder von Gyps, die zu beiden Seiten einer jeden Esse angebracht sind und mit ihr durch eine Seitenöffnung in Verbindung stehen, welche in der Nähe des Bodens und unter dem Feuerrost angebracht ist; **G,G'**, Oeffnungen, durch welche die Luft aus den Zimmern angesaugt wird, und von denen sich die ersten in der Nähe der Decke befinden; die auf der Seite angebrachten können mehr oder weniger durch Register verschlossen werden, die so mit den Stangen verbunden sind, daß die eine geschlossen, wenn die andere offen ist. **H,H**, Röhren, welche mit dem Aeußern und mit dem Zwischenraum zwischen jedem Ofen und dem Mantel in Verbindung stehen. Die erwärmte Luft begiebt sich zuvörderst in den obern Theil des Saales und geht durch isotherme Schichten bis zum Boden nieder, wo sich im Winter die Saugöffnungen befinden, und folglich ist die Temperatur des Saales in derselben Höhe wesentlich gleich. Die Oefen müssen sich in der Nähe der Estrade befinden,

Digitized by Google

da sie der Lehrer abwarten muß. Die Rauchröhren müssen durch den Saal gehen, nicht allein, um in demselben die Wärme gleichförmiger zu vertheilen, sondern auch um Brennmaterial zu sparen, da die verbrannte Luft fast gänzlich abgekühlt wird. Die in der Nähe der Decke angebrachten Oeffnungen können nur im Sommer dienen. Während der Tage, an denen gefeuert wird, erfolgt die Ventilirung aus der aufsteigenden Kraft der äußern Luft um die Oefen, sowie aus der der Luft in der Esse, deren Temperatur der des Saales gleich ist, erhöht durch die Wärme der verbrannten Luft aus den Oefen. Der Herd am untern Ende der Esse wird nur an gewissen Sommertagen benutzt.

2626. Man könnte bei dieser allgemeinen Anordnung mehrere sehr wichtige Veränderungen anbringen. Um den Saal vor Ankunft der Schüler wohlfeil zu erheizen, indem man alsdann noch keine Ventilation nöthig hat, müßte man diese Heizung durch die Circulation der Luft bewirken, und zu dem Ende müßte man: 1) eine Verbindung der Ofenmäntel mit dem Saal bewirken, die wiederum verschlossen werden müßte, sobald die Ventilirung wieder hergestellt werden sollte; 2) die Einströmungsregister in den beiden Kästen zur Seite der Essen müßten unabhängig von einander gemacht werden, um das Ausströmen der Luft verhindern zu können. Endlich würde es zweckmäßig sein, den Ausgang der Luft im Sommer zu begünstigen, wenn die Ventilirung nicht durch den Saugherd verstärkt zu werden braucht. Wenn man in der Esse und in der Höhe der Zimmerdecke eine mit einem Register verschlossene Oeffnung anbringt, die man in dem fraglichen Fall vollständig offen erhielte, so würde die nur wenig Widerstand erleidende Luft mit einer weit größern Geschwindigkeit ausströmen, als wenn sie in die Seitenkästen F herabgeht, in denen sie drei rechtwinkelige Richtungsveränderungen erleidet.

2627. In den Freisälen ist es erforderlich, den Saal und das Vorzimmer zu heizen und zu ventiliren. In dem Saale muß der Ofen am entgegengesetzten Ende von den durch die Kinder eingenommenen stufenförmigen Plätzen angebracht werden, und es ist zweckmäßig, die Luft durch recht zahlreiche Oeffnungen in den senkrechten Theilen der Stufen eindringen zu lassen; auch müssen diese Oeffnungen einen 4 bis 5 Met. größern Querschnitt als die Saugesse haben, damit die Geschwindigkeit der Luft unmerklich ist, oder aber durch 4 oder 5 Oeffnungen in der Nähe des Bodens an den Seitenflächen der Stufen bewirkt werden.

2628. Hat man nur einen Ofen, so ist es zweckmäßiger, ihn in der Mitte des Saales anzubringen. Sind aber zwei vorhanden, so ist es zweckmäßiger, sie derart anzubringen, daß die sie trennende Entfernung die doppelte von der zwischen den Oefen und Seitenmauern ist. Wenn man in Sälen von mehr als 300 Met. Länge, die mehr als 300 Kinder aufnehmen sollen, die Oefen an dem einen Ende anbringen wollte, so würde der Rauch zu abgekühlt in die Saugesse gelangen und die Erneuerung der Luft könnte unzureichend sein. In diesem Falle würde es weit zweckmäßiger sein, die Oefen fast in die Mitte des Saales zu stellen und einem jeden zwei Rauchröhren zu geben, von denen die eine rechts und die andere links abgeht, und zwar zu einer Saugesse, die am Ende angebracht ist; Register würden den Rauch in jeder Röhre gleich vertheilen. Man könnte auch die Heizung getrennt von der Ventilirung bewirken und jede mittelst besonderer Apparate ausführen. Die an das eine Ende gestellten Heizöfen würden

Digitized by Google

mit Rauchröhren versehen sein, auf der sie einen Theil des Saales durchlaufen haben, auf sich selbst zurückkommen müßten, um zu einer gemeinschaftlichen Esse zu gelangen, und am andern Ende würde man einen kleinen Ofen ohne Mantel anbringen müssen, dessen Röhre unmittelbar zur Saugesse ginge.

2629. Die Luftwärmöfen haben die in den Figg. 599, 600 u. 601 angegebene Form. Die erstere Figur ist ein Aufriß, die anderen beiden sind senkrechte Durchschnitte. **A B C D** ist ein länglich viereckiges Prisma von Blech oder von Gußeisen, welches den Heizkasten umgiebt; **A′ B′ C′ D′** ist ein äußeres blechernes Prisma, welches auf dem Boden befestigt ist; **F** Aschenkasten; **G** Feuerthür; **H** Aschenkastenthür; **I** Thür unter dem Aschenkasten, welche nur geöffnet wird, wenn man das Zimmer heizen, aber nicht ventiliren will; **R** sich drehendes Register, welches die Verbindung des Saales mit der äußern Luft unterbricht. Man kann es in verschiedenen Stellungen erhalten, und zwar durch Anwendung einer Kurbel, deren Ende mit einem Splint versehen ist, welches in Oeffnungen tritt, die in einem eisernen, auf dem Boden befestigten Halbkreis angebracht sind. **M** Ziegelsteinfutter des Heizkastens; **S** Canal, welcher äußere Luft in den Ofen führt. Man giebt diesen Oefen häufig auch eine cylindrische Form.

Es ist leicht, schon vorhandene Oefen zu benutzen, indem man sie mit einem blechernen Mantel umgiebt, der mit zwei Thüren versehen ist, von denen die eine der Feuerthür des Ofens gegenüber, die andere an der entgegengesetzten Seite sich befindet, um die Luft des Zimmers ohne Ventilirung zu erwärmen, ehe der Unterricht beginnt. Alsdann wird aber die Verbindung mit dem Aeußern durch ein Register, durch welches die Verbindung nach Belieben unterbrochen werden kann, unerläßlich.

In Sälen, die den Zweck haben, 150 Schüler aufzunehmen, muß man den Rauchröhren wenigstens 0,15 Met. Durchmesser geben; in größeren Sälen würde es dagegen zweckmäßig sein, sie 0,18 und 0,20 Met. weit zu machen. Diese Durchmesser reichen für den Zug hin; weitere Röhren würden den Nachtheil haben, den Rauch zu sehr abkühlen zu lassen und die Wirkung der Zugröhren zu vermindern. Derselbe Nachtheil würde bei zu langen Röhren entstehen, zumal wenn man ihnen zu viel Biegungen gäbe. Zu einer guten Wirkung der Oefen ist es unerläßlich, daß der Rauch nicht zu kalt ausströmt. Die Röhrendurchmesser nehmen mit der Anzahl der Schüler wenig zu: 1) weil man für mehr als 50 Schüler zwei Oefen anwendet; 2) weil der Brennmaterialverbrauch wenig zunimmt. Diese Thatsache folgt daraus, daß die Oberfläche der Fenster und Mauern, durch welche ein großer Theil der Wärme verloren geht, nicht verhältnißmäßig mit der Anzahl der Schüler zunimmt, sowie daraus, daß die durch die Athmung erzeugte Wärme einen wesentlichen Zusatz zu der Ofenwärme giebt.

Die Dimensionen des innern Cylinders der Oefen bestehen in 1,20 Met. Höhe und 0,04 Met. Weite. Der äußere Mantel kann aus Eisenblech, Gußeisen oder gebranntem Thon bestehen. Dieses letztere Material würde den Vorzug haben, die Temperatur der äußern Oberfläche zu vermindern. In diesem Falle muß der äußere Cylinder oder das äußere Prisma solche Dimensionen haben, daß der Querschnitt des Zwischenraumes zwischen dem Mantel und der eigentlichen Ofenoberfläche, wegen der Zunahme des Volums der Luft

Digitized by Google

durch ihre Erwärmung, gleich dem $1\frac{1}{2}$fachen des entsprechenden Saugcanales ist.

2630. Es ist sehr wesentlich, daß die äußeren Oeffnungen der Luftsaugröhren an einem freien Orte, fern von Abtritten und hoch genug über dem Boden liegen, um gegen die Einflüsse der Luftverderbnisse geschützt zu sein. Die Röhren können unter dem Boden, zwischen den Fenstern oder in der Fensteröffnung angebracht sein; sie können aus Mauerwerk oder Holz bestehen und jede beliebige Form haben. Ihr Querschnitt muß fast 6, 12, 18, 24, 30 und 36 Quadratdecimet. für einen Saal haben, der 50, 100, 150, 200, 250, 300 Kinder enthält; diese Querschnitte reichen hin, wenn die Länge der Canäle 8 bis 10 Met. nicht übersteigt. Bei größeren Längen muß man sie weiter machen, zumal es gar nichts Nachtheiliges hat, den Saugröhren weit bedeutendere Querschnitte zu geben.

2631. Die Saugesse kann aus Mauerwerk oder aus Blech bestehen. Ihr Querschnitt kann von dem der Saugröhre verschieden sein. Gäbe man ihr einen größern Querschnitt, so würde die Ausströmungsgeschwindigkeit zu gering sein, und es würde alsdann schwer halten, den Einflüssen der Winde auf die Esse Widerstand zu leisten. Es ist demnach zweckmäßig, den angegebenen Querschnitt nicht zu vergrößern. Wenn man aber zur Ventilirung eine schon vorhandene Esse mit einem viel bedeutendern Querschnitt benutzen wollte, so könnte man es thun, vorausgesetzt, daß man die obere Oeffnung zweckmäßig verengte. Die Esse muß sich aber über das Dach erheben und in eine blecherne Kappe auslaufen, die das Zurückströmen der mit Rauch vermengten Luft durch die Einwirkung des Windes vermeidet. Wäre das Gebäude von noch höheren beherrscht, so könnten die Wirbel, welche durch heftige Winde hervorgebracht werden, die Luft aus der Esse in das Schulzimmer zurückdrücken. Es würde alsdann zweckmäßiger sein, die Rauchröhre der ganzen Länge der Esse nach zu erhöhen, so daß sie einige Mal über dieselbe hervortritt, und sowohl diese Röhre als auch die Esse mit einer zweckmäßig eingerichteten Haube zu versehen.

2632. Unter den gewöhnlichen Verhältnissen und für das Klima von Paris und überhaupt des nördlichen Frankreichs wird der Steinkohlenverbrauch in den kältesten Wintertagen 2, 3, 4, 5, 6 und 7 Kilogr. in der Stunde für Zimmer, die 50, 100, 150, 200, 250 und 300 Schüler enthalten, nicht übersteigen.

2633. Die Heizung muß auf folgende Weise ausgeführt werden: Eine Stunde vor Anfang der Schule wird das Feuer in den Oefen angezündet, nachdem vorher die Oeffnungen, durch welche die äußere Luft einströmt und die zu der Saugesse führen, verschlossen worden sind, wegegen die Oeffnung, durch welche die Luft aus dem Herd des Mantels strömen kann, aufgeschlossen wird. Die Erwärmung findet durch Circulation der Zimmerluft statt, und sobald die Schüler in das Zimmer getreten sind, wird die Ventilirung hergestellt.

2634. Die Ventilirung im Sommer entsteht, sobald die Temperatur und andere Umstände es erlauben, durch Oeffnung der Thüren und Fenster; man kann sie aber leicht künstlich hervorbringen, ohne irgend etwas an den Einrichtungen der Apparate zu verändern; es würde zu dem Ende hinreichen, einen kleinen Herd am untern Ende der Esse anzubringen; die äußere Luft würde wie im Winter durch die Zwischenräume der Oefen und Mäntel eintreten; wenn die Eintrittsströme horizontal sind, so muß

Digitized by Google

die Luft beim Eintritt, da sie im Allgemeinen kälter als die äußere ist, auf den Boden fallen, und soll alsdann die äußere Luft des Zimmers erneuert werden, so müßte sie durch die oberen Oeffnungen in die Esse gelangen. Sind aber die Schichten senkrecht, so giebt es zwei entgegengesetzte Wirkungen, von denen die eine die Luft aufsteigen, die andere niedergehen läßt, und die Erfahrung allein kann nachweisen, ob man die Luft aus dem Zimmer oben oder unten ausströmen lassen muß.

Für eine Schule mit 250 bis 300 Schülern könnten sich die Einrichtungskosten des Apparates auf höchstens 5 bis 600 Frcs. belaufen, und auf eine viel geringere Summe, wenn man bereits vorhandene Oefen anwendet; es würde dann nur der Mantel, der Saugcanal und die Esse neu einzurichten sein.

2635. Die hier beschriebenen Vorrichtungen sind in mehreren Pariser Volksschulen angewendet; in allen hat man gute Resultate in Beziehung auf Heizung, gleichförmige Temperatur und Brennmaterialersparung erlangt, ungeachtet die Ventilirung einen bedeutenden Wärmeverbrauch veranlaßt. In einer von dem Verfasser untersuchten Schule belief sich die Ventilirung auf den Schüler gewöhnlich auf 6 Kubikmet., und es sind die Gesundheitsverhältnisse eines auf diese Weise ventilirten Schulzimmers viel besser, als die eines nicht ventilirten.

Einige Schwierigkeit hat stets die Unterhaltung des Ventilirungsherdes durch den Lehrer, indem auf diese Weise leicht Vernachlässigungen, die einen schlechten Einfluß auf die Ventilirung haben, vorkommen; in Schulzimmern, die viel Kinder enthalten, würde es daher zweckmäßiger sein, einen kleinen Ventilator anzubringen, welcher in den Zwischenstunden von den Schülern leicht in Betrieb gesetzt werden könnte.

2636. In einer Pariser Schule befinden sich in einem Zimmer 200 Schüler; allein es ist so geräumig, daß es 250 aufnehmen könnte. Die beiden Oefen haben die weiter oben angegebenen Dimensionen und stehen vor der Estrade des Lehrers. Die Rauchröhren haben 0,16 Met. Durchmesser und eine Länge von 39 Met.; sie vereinigen sich in einer einzigen von 0,20 Met. Durchmesser, die in der Mitte der Saugesse angebracht ist und sich 2 Met. über deren Haube erhebt. Die Saugesse ist 0,27 Met. auf 0,39 Met. weit; die Saugöffnungen befinden sich alle im Niveau des Bodens und es giebt deren 7, die in der Breite des Saales vertheilt sind und die gleichen Querschnitt mit dem der Esse haben; dasselbe Verhältniß findet bei den Eintrittsöffnungen der äußern Luft und bei den Durchgängen durch die Oefen statt. Die Heizung erfolgte mit mittelmäßig guten Steinkohlen und die Erneuerung der Luft belief sich auf 1000 bis 1200 Kubikmet. in der Stunde. An den kältesten Tagen hat der Brennmaterialverbrauch niemals 6 Kilogr. überstiegen, und im Durchmesser betrug er 4 Kilogr. Die gesammte Maueroberfläche betrug etwa 220 Quadrat-Met., die Stärke der Mauern 0,50 Met. und die Oberfläche der Fenster 25 Quadratmet.

2637. Bei den Schulen und den Freisälen kann man den mittlern Brennmaterialverbrauch nicht durch die in (861 ff.) mitgetheilten Formeln berechnen; denn diese Formeln setzen voraus, daß die Mauern auf eine bestimmte Weise abgewärmt sind, und daß die innere Temperatur eine constante sei. Es folgt daraus, daß die Heizung ununterbrochen fortgeht, während diese in den Schulen und in den Freisälen eine unterbrochene ist und

Digitized by Google

nur 6 bis 7 Stunden täglich dauert. In den Zwischenzeiten kühlen sich die Mauern sowohl äußerlich, als auch durch die innere Ventilirung ab, indem die letztere fortwährend, auch nach dem Verschluß der Register, durch die Thür- und Fensterspalten fortdauert. Dennoch ist der gesammte Brennmaterialverbrauch an einem Tage wenig beträchtlich, denn wenn man 7 Stunden täglich auf die Heizung rechnet, 26 Tage im Monat und 7 Monat im Jahre, und im Durchschnitt 4 Kilogr. Steinkohlenverbrauch in der Stunde annimmt, so würde sich der Verbrauch in einem Winter auf $4 \times 7 \times 26 \times 7 = 5096$ Kilogr. belaufen, die im Verhältniß von 5 Frcs. pr. 100 Kilogr. 250 Kilogr. machen. Der wirkliche Verbrauch ist aber weit geringer, weil die Heizung unter diesen Verhältnissen 7 Monate nicht dauert.

2638. Mit dem hier beschriebenen Heizungs- und Ventilirungssystem ist ein Umstand verbunden, der unter anderen Verhältnissen sehr nachtheilig sein könnte; die Ventilirung hängt nämlich von der Heizung ab und ist daher auf diese Weise veränderlich. Wenn demnach die Ventilirung in den kältesten Wintertagen hinreichend ist, so würde sie zu Anfang und zu Ende dieser Jahreszeit nicht ausreichen. Dennoch hat der Verfasser dieser Einrichtung vor anderen, bei denen die Heizung von der Ventilirung getrennt ist, wegen ihrer großen Einfachheit den Vorzug geben müssen, um so mehr, da der unten in der Esse angebrachte Herd die Vervollständigung der von der Heizung hervorgebrachten Ventilirung bewirkt, wenn sie unzulänglich ist. Dies wird aber durch die Reizbarkeit unserer Organe besser wahrgenommen, als durch die besten Instrumente und die genauesten Analysen. Die Verbrennung von 1 Kilogr. Steinkohle in der Stunde würde hinreichend für die vollständige Ventilirung eines Saales mit 200 Schülern sein, vorausgesetzt, daß die Esse mindestens 10 Fuß hoch ist und 0,25 Quadratmet. im Querschnitt hat.

2639. Ein Schulhaus enthält außer dem Schulzimmer stets ein Vorzimmer, in welchem die Schüler ihre Erholungsstunden verbringen; da dieses Zimmer wenige Stunden täglich eingenommen wird, so kann es durch einen gußeisernen Ofen erwärmt werden, den man nur wenige Augenblicke vor der Schulzeit anfeuert.

2640. Eine Hauptbedingung bei einer Schule ist eine gute Einrichtung der Abtritte, Reinlichkeit derselben und eine permanente Ventilirung der Gruben mittelst einer Lüftungsesse. Die zweckmäßigste Einrichtung der Cabinette besteht darin, den Boden und die Mauern mit einer 30 bis 40 Centimet. dicken Bleiplatte zu bedecken, die nach der mittleren Oeffnung geneigt ist und vor welcher sich zwei gußeiserne Platten mit gerifselter Oberfläche befinden, welche die Füße aufnehmen. Vor den Cabinetten müssen sich mit Jalousien versehene Oeffnungen befinden. Die Saugesse muß aus dem obern Theile der Grube bis zum Dache hinausreichen; an ihrem untern Theile muß sie einen kleinen, seitwärts angebrachten Herd enthalten, dessen Aschenkasten mit der äußern Luft durch eine Röhre in Verbindung steht, die mit einem Register versehen ist, mittelst dessen man die Lebhaftigkeit der Verbrennung nach Belieben reguliren kann. Da die Verbrennung von 0,5 Kilogr. Steinkohlen 641 Kubikmet. Luft auf 20 Grad erwärmen kann, so würde bei einer Höhe der Esse von 12 Met. die theoretische Geschwindigkeit fast 4 Met. betragen; und wenn man der Esse einen Querschnitt von 0,20 Quadratmet. giebt, so würde man in der

Digitized by Google

Stunde eine zur vollständigen Lüftung hinreichende Luftmenge entleeren können. Es ist nämlich nicht nothwendig, durch die Esse eine große Luftmenge gehen zu lassen, sondern nur eine Bewegung der Luft von außen nach der Grube zu hervorzubringen. Torf und Lohkuchen, die langsam verbrennen und wohlfeil sind, können vorzugsweise angewendet werden. Das obere Ende der Esse muß mit einem Apparat versehen werden, der dem Zuge den Einfluß des Windes entzieht. Luftdichte, durch Selbstverschluß mittelst eines kleinen Wasserstrahls verschlossene Gruben würden dieses System der Ventilirung nebst größerer Räumlichkeit unnöthig machen.

Schul- und Erziehungs-Anstalten.

2641. In allen großen Gymnasien und Erziehungsanstalten müssen während des Winters die Zimmer, die längere Zeit nach den Schulstunden von den Schülern eingenommen werden, sowie auch diejenigen, in denen sich dieselben zu ihren Studien aufhalten, geheizt, oder die Säle müssen zu gleicher Zeit ventilirt werden, indem die in diesen Zimmern enthaltene Luftmenge zu einer vollständigen Lüftung unzureichend ist; wenn man daher Morgens in die Schlafsäle kommt, so findet man darin eine so verdorbene Luft, daß die Gesundheit der Knaben nothwendig darunter leiden muß. Ein allgemeines Heizungs- und Ventilirungssystem, entweder mit Warmwasser oder mit Dampf, würde den partiellen Heizungen vorzuziehen sein, allein es würde ein großer Wärmeverlust stattfinden, wenn die Heizung durch warmes Wasser bewirkt würde und permanent wäre, weil die Zimmer nicht fortwährend benutzt werden. Ein allgemeines Heizsystem könnte nur dann wohlfeil mit Dampf bewirkt werden, wenn fast augenblicklich jedes Zimmer geheizt werden kann, allein die Anlagekosten sind bedeutend und können nur von wenigen Schulen dieser Art getragen werden. Daher ist es denn am zweckmäßigsten, die einfachsten Mittel anzuwenden.

2642. Für die Arbeitszimmer besteht die allgemeinste Heizungs- und Ventilirungsmethode in metallenen Oefen ohne Circulation von irgend einer beliebigen Form, mit oben offenem Mantel und zwar so, daß der Zwischenraum zwischen diesem und dem Ofen mit der äußern Luft in Verbindung steht (2629). Der Ofen müßte in demjenigen Theil des Zimmers angebracht werden, der von der Esse am entferntesten liegt; die Ofenröhre würde durch den ganzen Saal gehen und sich dann erst in die Esse begeben. Der untere Theil der Esse müßte mit einer oder mit mehreren Oeffnungen versehen sein, die zur Regulirung der Ventilation Register haben. Unten in der Esse müßte auch ein kleiner Herd angebracht sein, der zur Verstärkung der Ventilirung dienen könnte, wenn die durch die Heizung hervorgebrachte nicht hinreichend wäre. Für die häufig mit Stufen versehenen Classen müßte man die Einrichtung anwenden, die wir (2290) beschrieben haben, als wir von der Heizung und Lüftung großer Amphitheater redeten.

2643. Ganz besonders sind die Schlafsäle wegen zu geringer Größe und wegen einer zu großen Anzahl von Betten ohne Ventilirung ungesund. Der Aufenthalt der Knaben in den Schlafsälen beträgt etwa 7 Stunden; wenn daher keine Ventilirung vorhanden ist und man rechnet stündlich 6 Kubikmet. Luft auf das Individuum, so müßte man für ein Bett eine

Digitized by Google

Räumlichkeit von etwa 42 Kubikmet. haben. Nimmt man nun die Höhe eines Schlafsaales zu 3 Met., so müßte ein Bett einer Oberfläche von 14 Quadratmet. ensprechen, während in einem solchen Raum wenigstens 3 bis 4 Betten Platz finden müssen. Es können daher ohne Ventilirung die Schlafsäle keinen gesunden Aufenthalt gewähren. Die Heizung und Ventilirung könnte auf dieselbe Weise wie in den Classen und Arbeitssälen eingerichtet werden; in Städten, wo das Leuchtgas nicht theuer ist, könnte man selbst dieses dazu verwenden. Zu der Ventilirung im Sommer würde die Luft durch dieselben Oeffnungen einströmen, und ein kleiner Herd würde die Ventilirung der Oeffnungen, die zweckmäßig an dem Boden oder in der Nähe der Decke angebracht sein würden, um so leichter reguliren, als die Erwärmung der innern Luft durch die Respiration eine hinreichende Erneuerung gewährt.

2644. In Beziehung auf die Benutzung des Leuchtgases zur Ventilirung müssen wir hier noch bemerken, daß, wenn ein oder mehrere Gasflammen angewendet werden, nicht allein deren Wärme zur Erhitzung der angesaugten Luft, sondern auch ihr Licht benutzt werden kann, wenn man die Gasflammen mit Glasscheiben versieht, so daß dieselben einen Theil der Saugessenwand bilden. Licht ist aber in den Schlafsälen der Erziehungsanstalten eine nothwendige Bedingung.

2645. Die Küchenöfen sind selten gut eingerichtet. Jetzt wendet man im Allgemeinen gußeiserne an, die sowohl zum Kochen und Braten der Speisen, als auch zur Erwärmung des in den Küchen nöthigen Wassers dienen. Diese Oefen sind, wie bereits (1844) gesagt wurde, wirklich ökonomisch, allein sie erwärmen die Küchen zu sehr, besonders wenn die Wände im Innern kein Futter von Ziegelsteinen haben, und selten ist die Ventilirung so zweckmäßig, daß nicht das Küchenpersonal, besonders im Sommer, sehr zu leiden hätte und der Gesundheitszustand desselben benachtheiligt würde. Es würde daher vortheilhaft sein, den Küchenofen mit einem Mantel zu umgeben, der die heiße Luft in eine Esse abführt, mit welcher unter zweckmäßigen Verhältnissen z. B. die Abtritte ventilirt werden könnten.

Achtes Capitel.

Die Ventilirung der Casernen.

2646. Im Jahre 1848 wurde der französischen Regierung eine Schrift über die Gesundheitszustände der Armee überreicht, in welcher nachgewiesen wurde, daß die verhältnißmäßig große Sterblichkeit hauptsächlich drei Ursachen zuzuschreiben sei: einer unzureichenden Nahrung, zu häufigen Nachtwachen und zu mangelhafter Ventilirung der Casernen. Wir reden hier nur von der letztern.

Im Jahre 1849 wurde daher eine Commission zur Untersuchung der Gesundheitszustände der Casernen eingesetzt. Dieselbe stellte zuvörderst

in drei Stuben dreier verschiedener Casernen Beobachtungen an; die Luftvolumina auf einen Mann wurden zu 13,6, 11,54 und 8,54 Kubikmet. gefunden. Die in der Luft nach einem 10stündigen Aufenthalt gefundenen Kohlensäuremengen betrugen 0,032; 0,0034; 0,01430. In den beiden ersten Stuben wurden die Luftmengen, welche zufällig durch die Fugen und Oeffnungen in den Thüren während des in der Nacht erfolgenden Ein- und Ausgehens der Soldaten aus den Zimmern strömten, fast um das Doppelte des Luftinhalts derselben und in dem letzten fast um die Hälfte vermehrt. In den beiden ersten Zimmern erhielt jedes Individuum fast 4 Kubikmet. Luft in der Stunde und in dem letzten fast 1,60 Kubikmet. Am Ende der beiden ersten Versuche betrug der hygrometrische Zustand 0,73 von dem einer vollständigen Sättigung entsprechenden; bei dem letzten war er gleich 0,83. Am Morgen war der Geruch in dem dritten Zimmer unangenehmer als in den beiden anderen, jedoch nicht so, daß der Aufenthalt in demselben widerwärtig war.

2647. In einer der Pariser Casernen wurden alsdann Oeffnungen gemacht, die mit der Esse in Verbindung standen, wodurch man ziemlich gute Resultate erlangt hat; in einer dieser mit Ventilirungsöffnungen versehenen Casernenstuben betrug das durch dieses Ansaugen eingeführte Luftvolum stündlich 2,4 Kubikmet. auf den Mann, und in einem andern hat sich dieses Volum auf 7 Kubikmet. erhoben.

Oeffnungen, die mit den Essen von 8 Met. Höhe in Verbindung stehen, wurden in dem Pferdestall einer dieser Casernen angebracht; eine von diesen Essen hat 3,34 Kubikmet. Luft, in der Stunde bei einem Temperaturüberschuß von 3,4° angesaugt. Der Gesammteffect der 17 Essen belief sich an dem Tage auf etwa 5000 Kubikmet., und da der Stall 87 Pferde enthielt, so belief sich die Ventilirung auf das Pferd in der Stunde auf 57 Kubikmet. Diese neuen Einrichtungen haben die Sterblichkeit der Pferde sehr vermindert.

2648. Im Allgemeinen folgt aus den von der Commission angestellten Versuchen, daß bei der jetzigen Beschaffenheit der Pariser Casernen die Veränderung der Luft in den Zimmern am Schluß der Nacht unter den ungünstigsten Umständen keinen solchen Grad der Verderbniß erreicht, daß Nachtheile für die Gesundheit daraus entstehen könnten. Die höchste gefundene Kohlensäuremenge erreicht dem Volum nach kaum 0,01, und die hygrometrische Beschaffenheit war stets unter dem Sättigungsgrade. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß in den Casernenstuben die zufällige Erneuerung der Luft durch die Fugen und Oeffnungen der Fenster und Thüren, wie Nachts durch das Ein- und Ausgehen der Soldaten viel bedeutender ist, wie in den weiten Privatwohnungen und in den Krankensälen der Hospitäler. Die Anbringung von Oeffnungen, welche zu den Essen führen, veranlaßt eine verhältnißmäßig bedeutende Ventilirung.

2649. Diese Folgerungen scheinen dem Verfasser nicht zulässig; er hat in einer Volksschule die folgenden Beobachtungen gemacht: Das Schulzimmer war verschlossen, erhielt keine Ventilirung, und nach einem 5stündigen Aufenthalt der Schüler enthielt die Luft 0,0087 Kohlensäure. Der Lehrer beklagte sich über die Wärme, obgleich die Temperatur nicht mehr als 18 Grad betrug. Der Kohlensäuregehalt wirkte daher auf die Organe, und ohne die zufällige Ventilirung würde dieselbe auch noch 0,01 erreicht haben. Nach einer gewissen Stundenzahl würde sich die Luft so verändert

Digitized by Google

haben, daß der Aufenthalt in derselben nachtheilig geworden sein würde. Es ist daher eine unthunliche Annahme, daß die Casernen nicht ungesund sein sollten, wenn sie keine künstliche Ventilirung erhalten.

2650. Die beste Einrichtung würde sicher darin bestehen, wenigstens während der Nacht eine regelmäßige Heizung und Ventilirung einzurichten, wie in gewissen Hospitälern und Zellengefängnissen, allein die ersten Anlagekosten würden zu bedeutend sein, als daß auf solche Verbesserungen zu hoffen wäre. Das Einzige würde darin bestehen, in jedem Casernensaal im Winter einen Ofen aufzustellen und eine Esse einzurichten, welche oben und unten mit einer Oeffnung versehen ist und mittelst eines Canals, der die Luft unter den Ofen führt, mit dem Aeußern in Verbindung steht. Im Winter würde am Tage die äußere Luft unter den Ofen gelangen und durch die untere Oeffnung in die Esse ausströmen. Während der Nacht würde die Oeffnung zum Einströmen der äußern Luft verschlossen, dagegen die obere Oeffnung der Esse geöffnet werden. Dadurch würde eine natürliche Ventilirung ohne Heizung bewirkt werden, indem durch die während des Tages in den Mauern angehäufte und durch die von der Athmung herrührende Wärme eine hinreichende Ventilirung veranlaßt werden würde. Nach dem, was wir (2020) gesehen haben, kann die von der Respiration herrührende Wärme 9 Kubikmet. Luft auf 15° erwärmen. Zu einer gesunden Luft ist aber viel weniger erforderlich, denn da sich die Luft von unten nach oben bewegt, um die Ausgangsöffnung zu erreichen, so athmet jedes Individium nur reine Luft ein. Es würde vortheilhaft sein, daß sich die angesaugte Luft unmittelbar unter dem Boden verbreitete, und daß folglich die Lüftungsöffnungen senkrecht oder mit einer Kappe bedeckt wären, wenn sie sich in den Fußböden befänden.

2651. Durch diese Einrichtung findet eine fortwährende Abkühlung der innern Luft statt; allein dieser Nachtheil ist minder wesentlich, als die Erhaltung der Temperatur, während die Ventilirung fehlt, um so mehr, da die schlafenden und mit Decken versehenen Leute dieses Sinken der Temperatur nur wenig fühlen.

2652. Es würde möglich sein, eine regelmäßige Ventilirung durch einen in der Esse angebrachten Ventilator, der durch ein fallendes Gewicht oder besser durch das Gefälle des die Caserne speisenden Wassers betrieben würde, einzurichten. Der Apparat würde dieselbe Einrichtung haben, wie die alten Bratenwender. Nimmt man eine Ventilirung von 6 Kubikmet. auf das Individuum und in der Stunde, sowie eine Geschwindigkeit von 1 Met. in der Esse an, so würde die Arbeit für einen Saal von 30 Betten in 10 Stunden gleich $\frac{180 \times 1{,}3 \times 10}{19{,}62} = 119$ Kilogrammet. sein. Da die Höhe des Gefälles 3 Met. beträgt, so müßte das Gewicht 37 Kilogr. betragen, allein wegen des Arbeitsverlustes durch Reibung müßte es viel bedeutender sein; der Essenquerschnitt würde $\frac{180}{3600} = 0{,}05$ Met. sein.

2653. Man könnte aber auch die aufsteigende Bewegung durch die Wärme hervorbringen. Nimmt man eine Temperaturzunahme von 20° an, so würde der Wärmeverbrauch in 10 Stunden $6 \times 30 \times 10 \times 1{,}3 \times 20 \times 0{,}24 = 11232$ Wärmeeinheiten sein, welche 1,40 Kilogr. Steinkohlen entsprechen. Es ist dies ein sehr geringer Brennmaterialverbrauch; die

Schwierigkeit würde in der Bewirkung einer regelmäßigen Verbrennung innerhalb 10 Stunden liegen, und es ist kein Apparat bekannt, der diese Bedingung erfüllen könnte. Vielleicht würde es mit einer oder zwei Gasflammen der Fall sein, hauptsächlich wenn deren Licht gänzlich oder theilweise benutzt werden könnte.

In allen Casernen sind die Abtritte eine sehr wesentliche Ursache der Ungesundheit; jedoch würde es leicht sein, diese Nachtheile durch eine zweckmäßig vorgerichtete Saugesse zu beseitigen. Wir haben über diesen Gegenstand bereits das Nöthige gesagt.

Neuntes Capitel.

Erwärmung und Ventilirung der Werkstätten.

2654. Die großen Werkstätten, in denen die Arbeiter und Arbeiterinnen nicht in steter Bewegung sind, und deren Arbeiten auch keinen bedeutenden Kraftaufwand erfordern, wie Spinnereien, Webereien und Druckereien, müssen im Winter geheizt werden, da eine gewisse Temperatur von mindestens 1^0 unerläßlich zur Arbeit ist. Zwar sind solche Werkstätten stets geheizt, jedoch so spärlich, daß sich zwar die Arbeiter in dieser Temperatur aufhalten, aber nicht behaglich finden können. Auch sind die gewöhnlichen Werkstätten niemals ventilirt, und in vielen derselben ist dies auch gar nicht erforderlich, da die Arbeiter so fern von einander stehen, daß das sie umgebende Luftvolum, sowie eine geringe natürliche Ventilirung durch die Thüren und Fenster auf die Dauer der Arbeitsstunden hinreicht. In den meisten Werkstätten ist aber eine permanente Ventilirung oder wenigstens eine periodische Erneuerung der Luft unerläßlich.

2655. Die in großen Werkstätten am meisten gebräuchliche Heizung ist die mit Dämpfen, und sie ist die zweckmäßigste, um mit einem einzigen Ofen die verschiedenen selbst, die von einander entfernten Werkstätten während der Arbeitszeit zu erheizen. Es sind in dem vorliegenden Werke alle Einzelheiten der Construktion dieser Apparate mitgetheilt, und eben so ist auch die Art und Weise zur Bestimmung der Heizoberflächen angegeben, jedoch nur dann, wenn die Temperatur einmal hergestellt ist. Da aber in allen Werkstätten die Heizung des Nachts unterbrochen wird, so sind viel bedeutendere Heizoberflächen erforderlich, um die verlorene Temperatur wieder herzustellen. Man muß daher im Allgemeinen auf eine Heizoberfläche in dem Verhältnisse von 3 : 2 rechnen.

Die Dampfheizung ist um so vortheilhafter, weil sie in sehr vielen Fällen mittelst des Dampfes bewirkt werden kann, der aus der ohne Condensation arbeitenden Maschine ausströmt, und daher fast gar nichts kostet.

2656. Sind die Werkstätten in der Nachbarschaft einer Dampfmaschinenesse vorhanden, so kann man einen Theil der entweichenden Wärme

Digitized by Google

zur Erheizung der Werkstatt anwenden, weil selbst eine bedeutende Abkühlung des Rauches dem Zuge wenig schadet; auch kann der Verlust an Zug durch eine größere Oeffnung des Registers ausgeglichen werden, da die Essen fast stets einen zu großen Querschnitt haben. Indem man annimmt, daß der Rauch mit einer Wärme von 300 Grad ausströmt, und daß er auf 150 Grad abgekühlt sei, könnte man daher auf diese Weise $^1/_8$ von der in dem Herde hervorgebrachten Wärme benutzen.

2657. Die einfachste Einrichtung ist die in § 1657 beschriebene, man kann aber auch die in § 1658 angegebenen benutzen.

2658. Um die im Rauch der Essen befindliche Wärme zu benutzen, hat man den Vorschlag gemacht, den Rauch in gußeisernen Röhren circuliren zu lassen; die äußere Luft erwärmt sich um dieselben und erhebt sich alsdann in einen senkrechten Canal, in dessen Mitte sich die Esse befindet. Es hat diese Einrichtung den großen Nachtheil, den Zug durch die Rauchcirculation zu vermindern; da übrigens auch die Einströmungs- und Ausströmungsöffnungen zu klein sind, so würde die Luft zu stark erhitzt werden.

2659. Man hat auch die folgende Einrichtung benutzt. Die Esse besteht aus Blech, sie ist im Innern der Werkstatt angebracht, mit einem Mantel umgeben und mit ringförmigen Scheidern von der Höhe jeder Decke versehen. Der Mantel hat viele Löcher in der Höhe des Bodens und in der Decke; die Luft aus dem Zimmer strömt durch die unteren Oeffnungen zwischen den Zwischenräumen von Esse und Mantel, erwärmt sich und geht durch die oberen Oeffnungen in das Zimmer zurück. Diese Einrichtung hat nur geringe Vortheile, weil die Heizoberflächen nicht hinreichende Ausdehnung haben, um den Rauch wesentlich abzukühlen; auch kann dadurch Feuersgefahr veranlaßt werden, die nicht existirt, wenn der Rauch zur Erwärmung der Luft in außerhalb des Gebäudes angebrachten Oefen benutzt wird.

Sicher würde es zweckmäßiger sein, die Wärme des Rauches zur Dampfbildung durch eine zweckmäßige Heizung zu benutzen, und besondere Oefen zur Heizung der Gebäude zu haben.

2660. Sehr viel Werkstätten sind nicht allein durch die Respiration der Arbeiter, sondern auch durch die in denselben ausgeführten Arbeiten selbst ungesund. Der bekannte französische Chemiker Darcet hat sich zuerst mit der Lüftung dieser Werkstätten durch eine künstliche Ventilirung, die durch eine Saugesse oder durch einen saugenden Ventilator hervorgebracht wurde, beschäftigt; er richtete die Saugessen derart vor, daß die Luft die schädlichen Gase mit sich wegnahm. Wir beschreiben die von Darcet zur Lüftung vieler Werkstätten der Vergolder, der Raffinerien u. s. w. angewendeten Vorrichtungen nicht, da sie in den Werken dieses Gelehrten bekannt gemacht sind, und begnügen uns nur mit der Angabe einiger allgemeiner Grundsätze.

2661. Wenn die der Respiration nachtheiligen Gase oder Dämpfe nur an wenigen Punkten erzeugt werden und man mit offenen Gefäßen arbeiten muß, so muß man über denselben einen trichterförmigen Fang, einen sogenannten Essenmantel, anbringen, in den die Luft entweder durch die Wärme oder durch eine mechanische Wirkung angesaugt wird und die schädlichen Gase und Dämpfe mit sich führt. Ist es ausführbar, so erhöht man die hervorgebrachte Wirkung sehr bedeutend dadurch, daß man die Ausdehnung der Oeffnungen, durch welche die Luft einströmt, durch Läden oder Vorhänge vermindert; allein es muß die Werkstatt mit hinreichend großen

Oeffnungen zur Einführung der äußern Luft versehen sein. Auf diese Weise sind die Probir- oder Vergolderöfen, in denen Quecksilber verwendet wird, eingerichtet. Können die Arbeiten nicht unter einem Essenmantel ausgeführt werden, so kann man das Ansaugen durch einen abwärts gehenden Canal veranlassen, der durch den Boden geht und sich mit der Esse vereinigt; es ist diese Einrichtung bei Secirsälen angewendet. Die Secirtafeln bestehen aus Metall und haben sehr viel Löcher; die Tafel ist mit einem doppelten Boden versehen, der eine mit der Esse in Verbindung stehende Röhre hat.

2662. Wenn die von dem Luftstrom angesaugten Gase in zu großer Menge vorhanden sind, so daß das Gemisch nicht nach außen abgeführt werden kann, muß man in dem Canal, welcher zur Saugesse führt, Substanzen anbringen, die zur Absorption dieser Gase geeignet sind. Dies ist z. B. in den Gold- und Silberraffinerien der Fall. Die Legirungen werden mit Schwefelsäure behandelt, und es entwickelt sich dabei viel schweflige Säure, die man mit Kalk absorbiren kann. In den Sodafabriken veranlaßt die Zersetzung des Kochsalzes durch die Schwefelsäure in Flammöfen große Massen von Chlorwasserstoffsäure, die man durch Wasser oder kohlensauren Kalk absorbiren kann. Ehe man die Einrichtung getroffen hatte, den Ofen zur Ersetzung des Kochsalzes durch die verlorene Wärme desjenigen Ofens zu feuern, in welchem das schwefelsaure Natron durch die Kreide und die Kohle versetzt wird, hatte der Verfasser eine Einrichtung angewendet, welche in langen Kanälen von Ziegelsteinen bestand, die unten eine Wasserschicht enthielten, welche sich fortwährend erneuerte und mit einer großen Esse in Verbindung stand, die den Rauch aus dem Sodaofen aufnahm. Diese Einrichtung hat sehr gute Resultate gegeben. Eine noch einfachere Einrichtung besteht darin, daß die aus dem Sodaofen ausströmenden Gase, nachdem sie durch den Zersetzungsofen des Kochsalzes geströmt sind, in einem Canal circuliren, der aus weichem Kalkstein gebildet ist, an dem Abhange eines Hügels hinangeht und in einem Kalksteinblock endigt. Bei dieser Einrichtung hat der Ofen noch hinreichenden Zug, fast die ganze Salzsäure durch den Kalkstein zu absorbiren und Chlorkalk zu bilden, der sich in Becken sammelt, die an gewissen Punkten angebracht sind und aus denen man ihn von Zeit zu Zeit herausnimmt. Alle diese Apparate müssen, um wirksam zu sein, hinreichende Dimensionen haben, welche mittelst der verschiedenen in diesem Werke mitgetheilten Elemente mit einer hinlänglichen Annäherung bestimmt werden können.

2663. Wenn aber die schädlichen Gase in der ganzen Werkstatt erzeugt werden, so läßt sich die Lüftung nur durch eine allgemeine Ventilirung bewirken.

2664. In allen Anstalten, in denen Stahl auf sich sehr schnell umdrehenden Steinen geschliffen wird, wie in den Waffenfabriken, Messerschmieden, Nähnadelfabriken u. s. w., leiden die Arbeiter wenig, so lange die Schleifsteine stets mit Wasser benetzt werden. Bei dem trockenen Schleifen aber und in allen Fällen, wo die Schleifsteine durch eine ungleichartige Härte ungleichartig abgenutzt werden, entsteht sehr viel feiner Staub, welcher in der nachtheiligsten Weise auf die Gesundheit der Arbeiter einwirkt. Man hat diesen Nachtheil dadurch zu heben gesucht, daß man einen Theil des Schleifsteins mit einem concentrischen hölzernen Canal umschloß, der wenig länger als der Schleifstein, seitwärts geschlossen, oben offen ist und mit der Saugöffnung eines Centrifugalventilators in Verbindung steht. Da die

Digitized by Google

Bewegung des Schleifsteins über der Richtung des freien Theiles der Peripherie des umgebenden Theiles stattfindet, so saugt der Ventilator die Luft an und nimmt alle Theilchen des Kieselstaubes mit weg, die sich von dem Steine ablösen, und die Arbeit hat alsdann keine schädliche Einwirkung auf die Arbeiter.

2665. Es giebt auch Werkstätten, die durch ihre Heizung ungesund sind. Die Wachskerzenfabrikanten wärmen ihre Becken noch mit Oefen, die mit Holzkohlen gefeuert werden, welche mitten in der Werkstatt stehen und oft keine Esse haben. Ein ähnliches Verfahren wird von mehreren andern Handwerkern angewendet, ohne daß ein Vortheil dabei wäre.

2666. In den Werkstätten der Klempner, Lampenfabrikanten u. s. w. werden die Löthkolben u. s. w. noch in Kohlentöpfen geglüht, die eine Kohlensäureatmosphäre in der Werkstatt verbreiten, während es weit bequemere und wohlfeilere Vorrichtungen giebt.

Ventilirung der Unrathgruben zu la Villette.

2667. Jahrhunderte hindurch befand sich am östlichen Abhange des Hügels von Chaumont ein sehr großer Platz, bekannt unter dem Namen Schindanger von Montmartre, wohin alle fauligen und ungesunden Substanzen geschafft werden mußten, die in der Stadt Paris nachtheilige Einflüsse veranlaßt haben würden. In den neueren Zeiten hatten diese zuletzt wasserdicht angelegten Unrathgruben einen Umfang von mehreren Hectaren eingenommen, die mit der Flüssigkeit aus den Abtritten angefüllt waren. Diese Gruben und die benachbarten Felder, die zum Trocknen der teigigen Massen dienten, welche aus den Gruben herausgezogen worden waren, um in Poudrette verwandelt zu werden, verbreiteten giftige Gase in der Atmosphäre, die von den Winden bis nach Paris getrieben wurden und einige Theile desselben zu gewissen Zeiten zu einem sehr ungesunden Aufenthalt machten.

Erst 1823 trat die Regierung der Stadt an den Ufern des Ourcque-Canals ein sehr weites Terrain ab, welches nun zur Aufnahme der ungesunden, aus Paris wegzuschaffenden Substanzen vorgerichtet wurde, und da man glaubte, den Transport auf dem Canal bewirken zu können, so wurde zu la Villette ein Hafen zum Einschiffen der Gefäße vorgerichtet; später wurde eine Eisenbahn dahin angelegt. 1848, 22 Jahre nach der Anlage dieser Anstalt, hatten diese wasserdichten Gruben einen Inhalt von 210000 Kubikmet. erreicht.

2668. Es wurde nun der Vorschlag gemacht, zu la Villette ein verschlossenes Etablissement vorzurichten, in welches die Wagen die Tonnen von 2 Kubikmet. Inhalt in sehr große Gruben entleeren, aus denen die Substanzen mittelst Pumpen nach Bondy geschafft werden.

2669. Wenn die Gruben durch die Maschine entleert sind, so bleibt eine feste Schicht von etwa 0,10 Met. auf dem Boden zurück, wovon ein Theil durch starke Wasserströme verdünnt und ebenfalls mit den Pumpen fortgeschafft wird. Die noch zurückbleibende Schicht muß von einsteigenden Arbeitern mit Kratzen und Schaufeln losgemacht, in Tonnen geschafft und durch einen Haspel nach der Oberfläche gezogen werden; eine eben so mühselige als gefährliche Arbeit, indem durch die Gasentwickelungen Erstickungen gar nicht selten waren.

2670. Es mußte daher eine wirksame Ventilirung geschaffen werden, und wurde dazu ein Apparat benutzt, der hier mit wenigen Worten beschrieben werden soll. In den Gewölbewinkeln wurden drei Canäle von 0,39 Met. Weite vorgerichtet, von denen Nebencanäle von 0,31 Met. Weite abliefen, die mit 0,062 Met. weiten Mündungen versehen sind. Jede Grube hat einen solchen Canal, die Luft strömt durch die obere Oeffnung ein, reinigt die Grube und strömt durch die beiden Oeffnungen aus, die sich in der Wand eines jeden Gewölbes befinden. Die ausgetriebene Luft gelangt in die Ventilatorkammer, und aus derselben werden die Gase in eine besondere Esse getrieben, die an der Maschineneſſe angebracht ist. Schütze und Schieber auf den verschiedenen Linien der Canäle gestatten eine Vertheilung der Arbeit des Ventilators und die Lüftung jeder einzelnen Grube.

2671. Es haben diese Vorrichtungen ihren Zweck vollständig erreicht, und obgleich die Gruben allen Unrath aus den Hospitälern, Casernen, Armenhäusern u. s. w. von Paris aufnehmen, so können sie doch mit vollkommener Sicherheit von den Arbeitern bestiegen werden; ebenso können dieselben mit Gas erleuchtet werden, welches mit vollkommen heller Flamme brennt. Der Ventilator saugt in der Stunde 8100 Kubikmet. Gase an.

2672. Die erwähnten Register gewähren eine vollkommene und beliebige Vertheilung der frischen Luft in allen Gruben, wie durch vielfältige Versuche bewiesen worden ist, deren Beschreibung uns jedoch hier viel zu weit führen würde.

2673. Diese Resultate der Ventilirung unter den ungünstigsten Umständen beweisen, daß dazu weit eher mechanische als chemische Mittel benutzt werden können. Es ist diese Behauptung hauptsächlich durch die Einrichtung des sogenannten Depotoir von la Villette erwiesen worden, wodurch der Stadt Paris ein großer Dienst geleistet worden ist.

Ventilirung der Seidenzüchtereien oder Magnanerien.

2674. Man bezeichnet hiermit die Anstalten, in welchen die Seidenwürmer oder Seidenraupen gezogen werden; über deren Ventilirung wollen wir hier einige Worte sagen, da dieselbe eine sehr wesentliche Bedingung für die Existenz dieser Anstalten ist.

Eine Seidenzüchterei ist ein großer Saal, in welchem mit Bindfadennetzen bespannte Rahmen über einander angebracht sind, in denen sich die Seidenraupen in 40 bis 47 Tagen entwickeln. In Frankreich haben sich hauptsächlich die Herren Darcet und Robinet mit der Lüftung der Magnanerien beschäftigt. Bei der von Darcet vorgeschlagenen Einrichtung nehmen die Fachwerke zur Aufnahme der Seidenwürmer die ganze Höhe des Zimmers ein, und es ist dasselbe durch bretterne Böden in drei Etagen getheilt. Es bilden diese aber nur schmale Gallerien rings um die Rahmen und haben nur den Zweck, die Arbeiter mit größerer Bequemlichkeit zu den Seidenwürmern gelangen zu lassen. Unter dem Saale ist ein Luftwärmofen angebracht, welcher durch viele Oeffnungen unter den Fächern warme Luft in den Saal gelangen läßt; dieselbe erhebt sich bis zur Decke und gelangt durch viele Oeffnungen in einen großen Canal, welcher in die Esse des Luftwärmofens ausgeht. Die Temperatur in dem Saale muß nach dem Aeußern und nach dem Alter der Würmer mehr oder

Digitized by Google

weniger erhöht werden; die Ventilirung kann durch einen saugenden, im Dach angebrachten Ventilator bewirkt werden. Diese Ventilirungsmethode hat mehrere große Nachtheile; die warme Luft erhitzt sich nothwendig auf demjenigen Wege, auf welchem sie den geringsten Widerstand findet, und die oberen Fächer erhalten Luft, die bei ihrem Durchgange durch die unteren Fächer schon verdorben ist, und wenn die Magnanerie durch die Bretterböden nicht in mehrere Etagen getheilt ist, wodurch die Luft genöthigt wird, durch die Fächer zu strömen, so geht dieselbe um diese herum, und es hat die stärkste Ventilirung nicht einmal die gehörige Kraft.

2675. Neuerlich hat man eine andere Art der Ventilirung angewendet, welche sehr gute Resultate gegeben zu haben scheint; man nennt sie die umgekehrte Ventilirung, und sie besteht darin, daß man die warme Luft durch sehr viele Oeffnungen im Boden und die kalte durch Oeffnungen in der Decke einströmen läßt, während die Luft durch Saugessen ausströmt, deren Oeffnungen am Boden befindlich sind; die Oeffnungen, durch welche die warme und die kalte Luft einströmt, können nach Belieben regulirt werden.

2676. Um die Wirkungen zu begreifen, welche durch diese Einrichtung veranlaßt werden, muß man zwei Fälle unterscheiden: 1) denjenigen, in welchem die Magnanerie nach der Darcet'schen Methode vorgerichtet ist, bei welcher mehrere Bretterböden über einander zwischen den Fachwerken angebracht sind, so daß die Luft bei ihrer Bewegung von oben nach unten und von unten nach oben durchströmen muß; 2) denjenigen, wobei die Räume, welche die Fächer von einander trennen von oben bis unten hin frei sind. Im ersten Fall, wenn die Ventilirung nur durch die warme Luft bewirkt wird, entstehen zwei Strömungen, bei denen die Luft mehr verdorben werden muß, als wenn sie oben ausströmt, wenigstens wenn die Ventilirung nicht viel bedeutender ist. Wenn die Ventilirung durch die kalte Luft erfolgt, welche von oben nach unten geht, so muß die Luft nothwendig auf ihrem Wege eher verdorben werden, als wenn sie von unten nach oben strömt. Erfolgt die Ventilirung zu gleicher Zeit durch die warme und die kalte Luft, so giebt es Strömungen, welche in entgegengesetzter Richtung gehen, auch kann man nicht vorhersehen, was erfolgen würde. Giebt es keine Bretterböden in der Magnanerie, und die Ventilirung erfolgt nur durch die warme Luft, so erhebt sie sich zwischen den Fächern und verbreitet sich beim Niedergange durch den ganzen Saal; die Lüftung wird alsdann sehr wirksam sein. Es muß dies weniger der Fall sein, wenn sie nur durch kalte Luft hervorgebracht wird, welche von oben nach unten strömt, weil diese Luft fast nur in die Zwischenräume zwischen die Fächer gelangen wird. Wenn endlich die Ventilirung zu gleicher Zeit durch warme und kalte Luft erfolgt, so muß sie ebenfalls noch sehr wirksam sein, weil die beiden niedergehenden Ströme sich überall verbreiten werden.

2677. Nach der Meinung des Verfassers erneuert keine von diesen Ventilirungsmethoden die Luft zwischen den Fächern auf eine sichere Art, und man gelangt nicht anders dahin, als wenn man die Luft in horizontaler Richtung bewegt, vorausgesetzt, daß die Luft beim Durchströmen der Fächer einen großen Widerstand erleidet, indem dieselben gewöhnlich mit Maulbeerblättern bedeckt sind. Die zweckmäßigste Einrichtung würde darin bestehen, die Magnanerie durch Böden zu theilen, welche die Räume einnehmen, wodurch die Fächer getheilt werden, um an den Seitenmauern zwei Scheider aufzuführen, welche 0,25 bis 0,30 Met. von denselben ent-

fernt sind und aus horizontalen, nicht zusammengefugten Brettern bestehen. Diese beiden Scheider würden zwei Kästen bilden, von denen der eine mit der Luftkammer, der andere mit der Saugesse, die vom Boden ausgeht, in Verbindung steht. Da die Seitenöffnungen derart eingerichtet sind, daß sie regulirt werden können, um die Ventilirung ihrer ganzen Höhe nach gleichförmig zu machen, so wird kein anderer Nachtheil daraus entstehen, als die Veränderung der Luft, indem sie die horizontalen Flächen einer jeden Reihe durchströmt; es würde aber die Veränderung nur gering sein, denn eine und dieselbe Luft würde nur 3 oder 4 Flächen durchströmen. Der Luftwärmofen müßte nur wenig Heizoberfläche haben, weil die Temperatur der Luft in der Magnanerie 16 bis 20 Grad betragen muß, da die Temperatur der äußern Luft immer höher als 6° und das Volum der in der Stunde einzuführenden Luft 800 bis 1000 Kubikmet. auf 100 Quadratmet. Fläche beträgt. Die Saugesse müßte einen besondern Herd haben, da die aus dem Ofen verloren gehende Wärme sehr veränderlich ist und das Ansaugen constant sein muß. Luftwärmöfen mit horizontalen Röhren, deren Construction sehr einfach ist, und die nur weniger Reparaturen bedürften, müßten den übrigen vorgezogen werden; die Dimensionen der Saugesse und des Brennmaterialverbrauchs würden sich leicht von dem ableiten lassen, was vorhin gesagt ist, indem man annimmt, daß die effective Geschwindigkeit auf $^1/_3$ der Reibungen reducirt worden sei. Man hat auch vor einigen Jahren die Ventilirung durch Centrifugalventilatoren bewirkt; allein da sie durch Menschenkräfte betrieben werden mußten, so kostete sie zu viel; ihre Wirksamkeit war aber sehr bedeutend und regelmäßig.

Zehntes Capitel.

Die Ventilirung der Bergwerke.

2678. Die Ventilirung oder nach der bergmännischen Sprache die Wetterführung der Gruben ist nothwendig, um den Arbeitern in den Grubenbauen die nöthige frische Luft (frische Wetter) zuzuführen, und außerdem, um aus den Steinkohlengruben das sich aus den Steinkohlenflötzen entwickelte Kohlenwasserstoffgas herauszuziehen. Die Mittel zur Wetterführung sind außer dem natürlichen Wetterzuge zweierlei: Essen, in denen die Luft durch einen Ofen erhitzt wird, und saugende Maschinen von verschiedener Beschaffenheit. In allen Fällen sind die Grubenbaue so eingerichtet, daß die äußere Luft oder die frischen Wetter durch einen Schacht bis zu den tiefsten Strecken einfallen, dieselben durchströmen und zu einem andern Schacht gelangen, der ebenfalls mit der Atmosphäre, dem Tage, in Verbindung steht und an dessen oberm oder unterm Ende die Mittel zum Ansaugen der Grubenwetter angebracht sind. Fast immer theilt sich der Wetterstrom in verschiedene Ströme, welche gleichzeitig die Grubenbaue in verschiedenen Etagen der Sohlen durchziehen, und da die Strecken und

Digitized by Google

Abbaue sehr verschiedene Richtungen und Querschnitte haben, so daß es sehr schwierig sein würde, durch Berechnung den Widerstand zu bestimmen, den die Wetter auf ihrem Wege finden, und um so mehr, da die unteren Baue eine constante und fast stets höhere Temperatur als die Atmosphäre haben, so erlangt der abwärts gehende Wetterstrom, indem er sich erwärmt, eine sehr veränderliche aufwärts steigende Kraft, welche zu den Widerständen geführt wird, die von den Reibungen, Durchschnitts- und Richtungsveränderungen herrühren. Man kann jedoch eine annähernde Bestimmung der nöthigen Arbeit der Ventilirung entweder durch Berechnung oder durch Vergleichung mit anderen ventilirten Gruben, die unter ähnlichen Verhältnissen betrieben werden, erlangen. In Gruben, in denen sich keine für die Respiration schädlichen Gase entwickeln, muß die Luftmenge, welche durch die Baue strömt, wenigstens 10 Kubikmet. auf den Arbeiter und in der Stunde betragen; unter minder günstigen Verhältnissen und hauptsächlich in den Steinkohlengruben, welche brennbare Gase, sogenannte schlagende Wetter entwickeln, muß die Wetterführung weit wirksamer sein.

2679. In jedem besonderen Falle kann man den Nutzeffect der Wetterführung leicht bestimmen. Wir wollen z. B. annehmen, daß man die Verminderung des innern Druckes an der Tageöffnung des ausziehenden Schachtes beobachtet habe, und daß man das in der Secunde angesaugte Wettervolum kenne, so wird die zur Ventilirung erforderliche Arbeit sein ph, wobei p das Gewicht der in der Secunde ausgeströmten Luft und h die Höhe der dem beobachteten Drucke entsprechenden Luftsäule bezeichnet. Wir wollen diese Arbeit in Pferdekräften bestimmen und das Verhältniß von 4 Kilogr. Steinkohlenverbrauch in der Stunde annehmen; wenn nun das Ansaugen der Wetter stets durch einen gewissen Brennmaterialverbrauch erfolgt, sei es nun in einer Esse oder in einem Generator, und man zieht den berechneten Verbrauch ab, so erhält man denjenigen Theil des Brennmaterials oder der Arbeit, der aus der Uebertragung der Bewegung und aus der Maschine selbst erfolgt.

In einem Werke wie das vorliegende kann von der Wetterführung in den Gruben nicht näher geredet, sondern es muß auf Werke über den Bergbau verwiesen werden. Dahin rechnen wir ganz hauptsächlich das „Handbuch des Stein- und Braunkohlenbergbaues" von dem Bearbeiter des vorliegenden Werkes (Zweite Auflage, Weimar 1861 und 1862); der Wetterlosung oder Wetterführung ist in diesem Werke der vierte Abschnitt S. 451 bis 560 gewidmet. Der Verfasser hat in dem vierten Buche dieses Werkes von verschiedenen Wettermaschinen im Allgemeinen, sowie auch von Wirkungen der Dampfströme geredet; hier theilt er nur die Versuche mit, welche im Jahre 1844 mit großer Sorgfalt von Herrn Glépin, Ingenieur der Steinkohlengrube des Grand-Hornu in Belgien über die Ventilirung mit Wetteröfen angestellt worden sind.

Wetteressen über Tage, mit einem zur Seite am untern Ende der Esse angebrachten Ofen.

2680. In dem Schacht Nr. 11 der Grube Grand-Hornu steht der Wetterofen mit dem Wetterschacht durch einen 10 Met. langen Canal in Verbindung; die Esse hat 41,74 Met. Höhe und 1,20 Met. Querschnitt.

Digitized by Google

Bei einem ersten Versuche betrug das Volum der in der Secunde durch den obern Theil der Esse ausgeströmten Luft 1,88 Met. von 74 Grad; die Temperatur der aus dem Schachte ziehenden Luft betrug 45,5 Grad, die der äußern Luft 3 Grad. Der Ofen verbrannte in der Stunde 29,7 Kilogr. Steinkohlen von geringer Beschaffenheit, und in dem Kanal vor der Esse betrug der Drucküberschuß der Atmosphäre 0,012 Met. Wasser.

Nimmt man an, daß der Wärmeeffect der benutzten Steinkohlen 6000 sei, so mußte die Luft am untern Ende der Esse fast 100 Grad erwärmt werden, und es betrug alsdann die mittlere Temperatur der Luft in der Esse $\frac{100+74}{2} = 87$ Grad. Berechnet man die Geschwindigkeit der in die Saugesse einströmenden Luft von 3 Grad mittelst der Formel:

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,H\,a\,(t-\theta)}{1+at}},$$

in welcher man hat $H = 41{,}74$ Met.; $a = 0{,}00365$; $t = 87^0$, $\theta = 3^0$; so findet man $v = 13{,}80$, und für den Druck der Luft bei 13^0: $\frac{H\,a\,(t-\theta)}{1+at} = 9{,}71$ Met.; und den Wasserdruck $= 0{,}0126$ Met., welches mit der Erfahrung sehr gut übereinstimmt. Die Effectivarbeit ist alsdann $p\,h = 1{,}88 \times 1{,}023$ Kilogr. $= 1{,}88 \times 1{,}023$ Kilogr. $\times\, 9{,}71 = 18{,}62$ Kilogrammeter, oder in Pferdekräften $\frac{18{,}62}{75} = 0{,}24$. Da aber die in der Stunde verbrannte Kohlenmenge 29,71 Kilogr. beträgt, so entspricht sie 7,42 in Pferdekräften, indem man 4 Kilogr. Steinkohlen auf die Pferdekraft rechnet; es ist demnach der Nutzeffect nur $\frac{0{,}27}{7{,}42} = 0{,}32$ von der Arbeit, die mit dem Kohlenverbrauch hervorgebracht werden könnte. Ein anderer unter verschiedenen Umständen angestellter Versuch hat fast dieselben Resultate gegeben. In der Arbeit des Herrn Glépin findet man die bei anderen erlangten Resultate, allein man kann sie durch das Calcül nicht vergleichen, weil bei der einen die Temperatur am obern Ende der Esse nicht gegeben ist, und weil bei den anderen der Zug durch die Generatoresse der Fördermaschine hervorgebracht wurde.

Wetterofen unter Tage.

2681. In dem Schacht Nr. 3 des Grand-Buisson zu Hornu wird der Wetterschacht, d. h. derjenige, durch welchen die Grubenluft auszieht, zum Ansaugen benutzt, und der Wetterofen läßt daher heiße Luft in eine Tiefe von 184 Met. einströmen. An dem Tage, an welchem die Versuche angestellt wurden, betrug die äußere Temperatur 2^0; die der Wetter in der Grube, ehe sie zu dem Wetterschacht gelangten, betrug $15{,}50^0$; die aus der Tageöffnung des Schachtes ausströmenden Wetter hatten eine Temperatur von 30^0; ihr Volum in der Secunde betrug 6,48 Kubikmet. und ihr Gewicht 7,80 Kilogr. Der Steinkohlenverbrauch in der Stunde

Digitized by Google

belief sich auf 29,16 Kilogr., welche 7,29 Pferdekräften entsprechen, wenn man auf die Pferdekraft 4 Kilogr. rechnet. Der Querschnitt der einströmenden kalten Luft betrug 5 Quadratmet., die Einströmungsgeschwindigkeit 1,17 Met., welche einem Druck bei 2° von 0,069 Met. entspricht; alsdann ist der Nutzeffect $h\,h\ 7{,}64 \times 0{,}069 = 0{,}527$ Kilogrammet. $= \frac{0{,}527}{75} =$ 0,07 Pferdekraft. Zur Erlangung der nöthigen Arbeit, um die Ventilirung bewirken zu können und unter Berücksichtigung aller Widerstände muß man die Druckverminderung am untern Ende der Esse vor Einführung der erwärmten Luft zum Ofen kennen. Diese Druckverminderung ist nicht beobachtet, allein man kann sie aus den Dimensionen der Esse und aus der mittlern Temperatur der Luft in dem einfallenden und in dem ausziehenden Schacht ableiten. Nimmt man 7000 als Wärmeeffect für die Steinkohlen an, so findet man leicht, daß die Luft am Fuß der Esse 45,18° sein müßte. Alsdann würde die mittlere Temperatur der Luft im Wesentlichen sein: $\frac{45{,}18 + 30}{2} = 37{,}6°$.

In dem einfallenden Schacht kann man in einer Tiefe von 184 Met. die Temperatur der Luft zu 15,5° annehmen und auch auf eine gleichförmige Erwärmung rechnen. Alsdann war die mittlere Temperatur in diesen Schächten $\frac{15{,}5 + 2}{2} = 8{,}75$, und da die Krümmungen der Strecken ohne Einfluß auf den Zug sind, weil sie Luft von constanter Temperatur enthalten, so beträgt der Druck der Luft bei o, der Temperatur der einströmenden Luft,

$$\frac{H\,a\,(t - t')(1 + a\,\theta)}{(1 + a\,t)(1 + a\,t')},$$

ein Ausdruck, der in dem vorliegenden Fall 16,75 zum Werth hat. Die erforderliche Arbeit ist gleich $7{,}64 \times 16{,}75 = 128$ Kilogrammet. oder 1,70 Pferdekräfte. Demnach ist der Nutzeffect gleich 0,007, die erforderliche Kraft 1,70 und die mit dem verbrannten Brennmaterial hervorzubringende Kraft 7,29.

In dem Schacht Nr. 2 des Grand-Buisson ist der Wetterofen zur Seite in einer Tiefe von 117 Met. angebracht, und die bei der Verbrennung erzeugten Gase gelangen zu der Wetteresse durch einen geneigten Canal in einer Tiefe von 105 Met. unter Tage. Am Tage des Versuchs betrug das Volum der aus dem Wetterschacht ausziehenden Wetter 5,320 Kubikmet. in der Secunde und ihre Temperatur 33°. Die Temperatur der Grubenwetter vor der Vermischung mit der erhitzten Luft betrug 13,25°. Die Menge der verbrannten Steinkohlen belief sich auf 23,33 Kilogr. in der Stunde, und es konnten dieselben die Luft auf 43° erwärmen. Diese Beobachtungen sind aber unzureichend, um daraus den Nutzeffect und die erforderliche Arbeit abzuleiten.

In dem Schacht Nr. 10 des Grand-Hornu liegt der Wetterschacht in einem Schachtstoß 178 Met. unter Tage, am Ende einer kleinen Strecke. Am Tage des Versuchs war die Temperatur der angesaugten Luftmenge auf 2,337 Kubikmet. in der Secunde 27°, die äußere Luft hatte 15°; die Temperatur der Grubenwetter, ehe sie zum Ofen gelangten, belief sich auf 16,25°; die

Digitized by Google

Menge der in der Stunde verbrannten Steinkohlen betrug 29 Kilogr. Nimmt man nun an, daß der Wärmeeffect der Steinkohlen nur 6000 beträgt, so müßten die Wetter auf 85 Grad erwärmt worden sein. Dieser ungeheure Wärmeverlust soll von den feuchten Schachtstößen (Wänden) herrühren. Man kann auch aus diesen Beobachtungen keine Folgerungen ziehen.

2682. Zur Bestimmung des durch die Verbrennung veranlaßten Nutzeffectes hat man auf der Sohle des Schachtes Nr. 5 des Grand-Hornu einen Wetterofen vorgerichtet und den entsprechenden Druck beim Ausströmen dadurch bestimmt, daß man den Ofen durch einen Combes'schen Ventilator ersetzt hat, welcher dieselbe Wirkung hervorbrachte, indem man die Depression, welche durch das Aufsaugen hervorgebracht worden war, maß. Am Tage des Versuchs war der Wetterofen in dem einen Stoß des Förderschachtes in einer Tiefe von 207 Met. vorgerichtet. Bei einem ersten Versuch belief sich das in der Secunde ausgeströmte Luftvolum auf 3,39 Kubikmet. in der Secunde bei einer Temperatur von 25,75°, während die Temperatur der Grubenwetter, ehe sie zum Ofen gelangten, 19° betrug. Der Brennmaterialverbrauch belief sich auf 16,15 Kilogr. in der Stunde. Nimmt man 7000 als den Wärmeeffect der Steinkohlen an, so würde die Luft, statt auf 6,75, auf 26° erwärmt werden; der Druck durch den Ventilator, der dasselbe Aufsaugen bewirkte, betrug bei 18° 0,013 Met. Dieser Druck der Luft von 15°, unter einem Barometer-Druck von 0,757 Met. geschätzt, belief sich auf 10,57 Met.; alsdann ist die verwendete Arbeit $3{,}99 \times 1{,}187 \times 10{,}57 = 50$ Kilogrammet., und in Pferdekraft $\frac{50}{75} = 0{,}66$. Da nun die Arbeit, die durch den Brennmaterialverbrauch geleistet werden konnte, 4 Pferdekräfte beträgt, so beläuft sich das Verhältniß der ersten zu der letzten Zahl auf 0,165.

Eilftes Capitel.

Die Erwärmung der Gewächshäuser.

2683. Die Gewächshäuser, welche zur Cultur derjenigen Pflanzen dienen, die die Temperatur des Winters in unseren Climaten nicht ertragen können, oder die fortwährend in einer höhern Temperatur als die der Atmosphäre erhalten werden müssen, sind gewöhnlich durch große Glaswände geschlossen, die entweder ebene oder gekrümmte Oberflächen haben, wodurch die Sonnenwärme eindringen kann, während man im Innern, und zwar fast stets durch Warmwasserröhren, eine gewisse Temperatur unterhält. Der gewöhnlich unter der Benennung Thermosyphon bekannte Apparat besteht aus einem Kessel, gewöhnlich von Kupferblech, mit concavem Boden, unter welchem der Rost angebracht ist, dessen Thür außerhalb des Gewächshauses befindlich ist. Nachdem der Rauch unter dem Kessel gewirkt hat, kommt er häufig durch eine innere Röhre nach vorn zurück und strömt in

Digitized by Google

die Esse. Die Warmwasserröhren bestehen im Allgemeinen aus Kupfer, weil dieses Metall sich leichter zu den gebogenen Formen eignet, die man den Röhren häufig geben muß.

Die Temperatur des Wassers muß zwischen 86 und 90° gehalten werden, da man das Sieden, durch welches unnützer Dampf erzeugt wird, vermeiden muß. Der Dampf vermindert die Wassermenge in dem Kessel und giebt zum Verbrennen derselben Veranlassung, zumal wenn die Wartung der Kessel in den Händen von Gartenarbeitern ist, welche die erforderliche Sorgfalt nicht darauf verwenden können. Zur Vermeidung dieser Nachtheile kann man einen sehr einfachen Apparat anwenden, der einerseits ein zu lebhaftes Sieden verhindert und andererseits das Nachfüllen des Kessels veranlaßt, sobald es in demselben an Wasser fehlt. Dieser Apparat besteht aus einem Schwimmer, der in das Wasser in einer senkrechten Röhre eintaucht, die ihrerseits mit dem Kessel in Verbindung steht. Dieser Schwimmer ist mit einer Kette verbunden, die, indem sie über eine Rolle läuft, in ein Gegengewicht endigt. Bei einem zu lebhaften Sieden steigt das Wasser in der senkrechten Röhre auf, hebt den Schwimmer und veranlaßt das Sinken des Gegengewichts, welches alsdann gegen den Schlüssel eines Registers tritt, wodurch die Esse mehr oder weniger geschlossen und die Verbrennung vermindert wird.

2684. In den prächtigen Gewächshäusern des Pariser Pflanzengartens, deren Beschreibung uns hier zu weit führen würde, sind in allen Abtheilungen, in denen die Pflanzen eine feuchte Luft erfordern, Wasserbassins angebracht, um durch kleine Löcher einen feinen Regen in den Glashäusern zu verbreiten.

2685. Die beiden großen Pavillons, aus denen das Gewächshaus besteht, sowie die sie verbindenden Gallerien, erfordern vor allen Dingen eine sehr gleichförmige Heizung, die in einem Luftvolum von 9000 Kubikmet. vertheilt werden muß, während die Glaswände der Wärmevertheilung nur einen sehr geringen Widerstand leisteten. Der eine Pavillon und seine Anhänge müssen stets in einer Temperatur von mehr als 15° erhalten werden, während der andere Pavillon nur die mäßige Wärme von 5° beansprucht.

2686. Um zu diesen Resultaten zu gelangen, ließen sich mehrere Mittel anwenden: die Circulation des Rauches, das in allen älteren Gewächshäusern angewendete Heizungsmittel, die Circulation des warmen Wassers, wie man es in den meisten englischen Glashäusern findet, ferner der Dampf, wie in den großen Gewächshäusern zu Loddiges bei London, und endlich die warme Luft, die aus Luftwärmöfen entwickelt wird. Es sollte zuvörderst Warmluftheizung angewendet werden, allein man fürchtete, daß die großen Entfernungen, auf die sie fortgeleitet werden mußte, zu wesentliche Nachtheile darbieten würden. Da die Pariser Pflanzenhäuser größer als die zu Loddiges sind, so wendete man zur permanenten Heizung Dämpfe, die dort seit 18 Jahren sehr gute Resultate gegeben haben, und selbst warme Luft zur Aushülfe an, die jedoch nur in der kältesten Zeit benutzt wird, indem es alsdann wichtig ist, die Luft zu erneuern, ohne irgend der äußern Luft directen Zutritt zu gewähren.

Drei Luftwärmöfen und zwei Dampfkessel dienen zur Wärmeproduction. Die Oefen sind in einem Kellerraum angebracht, der hinter dem einen Pavillon befindlich ist. Die kalte Luft strömt in der Nähe der Sohle ein, erwärmt sich, indem sie durch die gußeisernen Röhren geht, welche von der

Digitized by Google

Ofenflamme umspült werden, erhebt sich in den obern Theil des Gewölbes und gelangt in mehr als hinreichender Menge in die Nähe der Glaswände der Gewächshäuser, wo sie eine Temperatur von 50° hat. Der warme Luftstrom wird durch Ansaugen, welches durch Roste der Ofenessen bewirkt wird, eingeführt. Ehe die Luft in die Gewächshäuser gelangt, strömt sie über ein Becken mit warmem Wasser, worin sie sich sättigt, damit sie nicht die Nachtheile der Ofenheizung hat, welche, indem sie die Luft erwärmt, aber nicht erneuert, die Pflanzen austrocknet.

2687. Die beiden Kessel sind in dem Erdgeschoß über den Oefen angebracht. Der Dampf wird in gußeiserne Heizer geleitet, die so eingerichtet sind, daß die Temperatur einer jeden Abtheilung des Gewächshauses auf den gehörigen Grad zu erwärmen ist. Der Fall der Röhren ist berechnet, um das Condensationswasser wiederum in die Röhren zurückführen zu können, ohne die Circulation des Dampfes zu benachtheiligen. Die Wirkungen der Ausdehnung sind durch einfache Apparate verbessert, welche die Bewegung der Röhren, die auf beweglichen Rollen liegen, erleichtern.

In dem großen westlichen Pavillon, unter einem gußeisernen Wege in der Nähe der südlichen Glaswand, liegen vier Röhren von 0,10 Met. und sechzehn ähnliche andere gehen längs der Wand des mittlern Wassertroges durch, dienen als Condensatoren und entwickeln die erforderliche Wärme für ein Gefäß von 3000 Kubikmet. Inhalt, dessen Stellung in Beziehung auf Wärmeerhaltung eine sehr ungünstige ist. Die Gallerien des Erdgeschosses mit gekrümmten Glaswänden werden durch vier gußeiserne Röhren erwärmt, die der ersten Etage nur durch zwei. Dieser höhere Theil des Gewächshauses erfordert eine minder hohe Temperatur, während sich auch das Temperaturgleichgewicht leicht bewirken läßt, indem man die Verbindung beider Etagen herstellt.

2688. Diese Heizung hat einen vollständigen Erfolg gehabt; man ist dahin gelangt, das Thermometer 33 Grad über der äußern Temperatur zu erhalten, welches mehr als hinreichend ist, die Pflanzen gegen die schärfste Kälte zu schützen.

Bedingungen für die Fortschritte der Heizung und Ventilirung großer Etablissements.

Obgleich neuerlich große Fortschritte bei der Heizung und Ventilirung öffentlicher Gebäude gemacht worden sind, so bleibt doch noch genug zu thun übrig, und die in dieser Beziehung zu ergreifenden Maßregeln zur Beförderung der Fortschritte dürften folgende sein:

1) Die Concurrenz von Entwürfen und eine vorurtheilsfreie Beurtheilung derselben. Privilegirten Unternehmern Zugeständnisse zu machen, muß durchaus aufhören.

2) Die Discussionen der beurtheilenden und unterscheidenden Commissionen.

3) Achtung vor den Aussprüchen dieser Commissionen, weil man annehmen darf, daß dazu stets Sachverständige gewählt werden und daß solche Personen stets die öffentliche Meinung beachten und nur wissenschaftlich begründete und richtige Aussprüche abgeben.

4) Bekanntmachung der Zeichnung und Beschreibungen der Apparate, sowie der damit von Sachverständigen angestellten Versuche in technischen

Digitized by Google

Zeitschriften. Erfinder und Constructeure können dadurch nur gewinnen, da Geheimnisse nirgends existiren, andererseits aber wirklich neue patentirte Erfindungen und Verbesserungen durch ein Gesetz geschützt sind.

Die in den Programmen gestellten Bedingungen müssen sich auf Temperatur, Reinheit der Luft, das Gesammtvolum der directen Ventilirung, auf gleichartige Vertheilung in der passenden Richtung, um ihre Wirksamkeit zu erhöhen, ferner auf permanente und Jedermann zugängliche Indicatoren der Ventilirung, endlich auf Apparate beziehen, welche die Ventilirung sowohl im Sommer als auch im Winter aufzeichnen.

Diese Bedingungen würden ohne allen Zweifel sehr rasche Fortschritte bei der Heizung und Ventilirung, welche im menschlichen Leben eine so große Wichtigkeit haben, veranlassen; sie würden hauptsächlich den großen Vortheil gewähren, die sogenannten Ofenbaumeister (die Fumistes im Französischen), meistens unwissende Leute, zu verdrängen, welche schon so manches Unheil in den Sanitätsverhältnissen der ihnen anvertrauten Anstalten veranlaßt haben. Die bei der Heizung und Ventilirung großer öffentlicher Anstalten vorkommenden Erscheinungen sind oft sehr verwickelt und können nur durch unterrichtete und erfahrene Männer gehörig begriffen werden; es wird wirklich Zeit, daß die Construction dieser Apparate aus den Händen von Ignoranten gerissen wird, und ist dieses eben so gut für die Länder jenseits als diesseits des Rheines zu wünschen.

Digitized by Google

Anhang.

Unterschied zwischen Luft- und Ofenheizung; ihre Einwirkung auf die Zusammensetzung der Luft in den geheizten Räumen.

2689. Ueber diesen wichtigen Gegenstand wurden von dem Professor Pettenkofer zu München sehr gründliche Versuche angestellt, aus denen hier das Nachstehende mitgetheilt wird.

Es stand in Aussicht, daß die Resultate mehr negativer als positiver Natur sein möchten; denn was soll es für einen Unterschied in der Zusammensetzung der Luft verursachen, ob dieselbe durch einen im Zimmer befindlichen Apparat erhitzt, oder ob sie außerhalb des Zimmers erwärmt und in diesem Zustande in das Zimmer geleitet wird? Von einer bemerkbaren Desoxydation der Luft durch das erhitzte Eisen des Heizofens, ebenso von einer Zersetzung des in der Luft enthaltenen Wassergases durch das erhitzte Eisen kann keine Rede sein, und es muß dieser unter den Laien in der Chemie ziemlich allgemein verbreitete Glaube, besonders so weit er die Wasserheizung anlangt, als falsch bezeichnet werden. Würde die Eisenfläche des Heizofens jährlich nur so viel Sauerstoff, als ein athmender Mensch während dreier Monate aus der Atmosphäre zieht und in Kohlensäure und Wasser umwandelt, zur Bildung von Eisenoxyd verbrauchen, so würde dieser Sauerstoff hinreichen, um 438 Pfd. Eisenoxyd zu bilden, — eine Menge, hinter welcher die wirklich wahrnehmbare so weit zurückbleibt, daß die angedeutete Desoxydation der zu erhitzenden Luft hiernach ohne allen praktischen Belang sein muß. Von einer Zersetzung des in der Luft enthaltenen Wassergases durch das vielleicht stellenweise schwach glühende Eisen des Heizofens und einem dadurch bedingten Entstehen von Wasserstoffgas und Austrocknung der Luft kann eben so wenig die Rede sein, obwohl man von Laien öfter davon sprechen hört, weil neben noch anderen Gründen das Eisen sich immer leichter auf Kosten des freien Sauerstoffes der Luft, als durch den im Wasserdampfe chemisch gebundenen, oxydiren wird. Die Verbrennung organischer Staubtheile u. s. w. kann bei dem ohnehin kaum nachweisbaren Gehalte der Luft an diesen wieder keinen Grund für eine Differenz zwischen Luft- und Ofenheizung abgeben, da hierzu ohnehin auch unsere Stubenöfen (besonders die eisernen) häufig Gelegenheit geben würden.

Digitized by Google

2690. Die einzige, öfter wiederkehrende Klage, welche durch das allgemeine Urtheil eine Berechtigung zu haben schien, ist die über Trockenheit der Luft in Zimmern, welche beständig mit heißer Luft erwärmt werden, im Vergleiche mit solchen, welche mittelst gewöhnlicher Oefen und anderer Heizapparate, die nur Wärme in die Luft des Zimmers führen, erwärmt werden. Aber auch dieser Klage mußte nach dem bisherigen theoretischen Raisonnement die Berechtigung abgesprochen werden.

Da wir unsere Atmosphäre nach Allem, was wir bisher darüber erfahren haben, als ein Gemisch von Stickstoffgas und Sauerstoffgas in einem fast überall gleichen, unveränderlichen Verhältnisse, mit wechselnden geringen Mengen von Wasserstoffgas und Kohlensäuregas betrachten müssen, da ferner kein Grund abzusehen ist, warum Ofenheizung oder Luftheizung auf das relative Verhältniß zwischen Stickstoff und Sauerstoff verschiedene Einflüsse äußern könnten, so glaubt Herr Pettenkofer allen wissenschaftlichen Anordnungen zu entsprechen, wenn er die beiden variabeln Größen in der Luft, Kohlensäure und Wasser, genaueren Bestimmungen unterwarf. Auf das Vorhandensein von organischen und sonstigen vereinbaren Stoffen in der Atmosphäre hatte derselbe bei einigen Versuchen gleichfalls Rücksicht genommen.

Es wurde folgender Apparat zusammengestellt:

2691. Ein Aspirator, aus Kupferblech gefertigt, war dazu bestimmt, Luft durch ein System von Röhren zu saugen, in welchen Wasser und Kohlensäure der Luft vollständig absorbirt wurde. Er wurde zu diesem Zwecke mit Wasser gefüllt und, wenn man ihn in Thätigkeit setzen wollte, ein zum Ablassen des Wassers bestimmter Hahn geöffnet. Das Wasser wurde in eine große Glasflasche abgelassen, deren Kubikinhalt zuvor genau bestimmt worden war, um aus dem Volum des abgelassenen Wassers die durch die Röhren getretene Luft zu bemessen, deren Volum, unter Berücksichtigung des Barometer- und Thermometerstandes und der Tension des Wasserdampfes, auf 0° C. und 760 Millimet. Barometerstand berechnet wurde. Der abfließende Strom war bei den meisten Versuchen so geregelt, daß binnen zwei Stunden etwa 20 Liter Wasser aus dem Aspirator verdrängt wurden. Zuerst mußte die Luft durch zwei gebogene Kugelröhren strömen, von denen jede 8 — 10 Zoll lang mit neutralem Chlorcalcium gefüllt war. In diesen beiden Röhren wurde alles Wasser absorbirt.

Nun folgten zwei gleiche, ebenfalls gewogene Röhren, mit befeuchteten Stücken von Kalihydrat gefüllt. Auf diese beiden folgte eine gewogene Chlorcalciumröhre. Die Gewichtszunahme dieser drei Röhren zusammen repräsentirte das Gewicht der Kohlensäure in der Luft. Pettenkofer machte hierbei die unerwartete Erfahrung, daß ein Strom von wasserfreier und nur wenig Kohlensäure haltender Luft von 20° C. an die Stücke von Kalihydrat zwar die Kohlensäure abgiebt, aber bei dieser Temperatur bereits bedeutende Quantitäten Wasser wieder aus dem wasserhaltigen festen Kalihydrat erhält. Den ersten Probeversuch, bei welchem nach den beiden Kaliröhren nicht gleich wieder eine Chlorcalciumröhre folgte, machte Herr Pettenkofer bei der hohen Zimmertemperatur von 20° C. und war sehr erstaunt, als nach Beendigung desselben die beiden Kaliröhren nicht nur nicht an Gewicht zugenommen, sondern sogar abgenommen hatten. In dem bei den späteren Versuchen angewendeten Chlorcalciumrohre fand sich das fortgeführte Wasser wieder condensirt.

Digitized by Google

Zwischen diesem dritten Chlorcalciumrohr und dem Aspirator wurde ein sehr langes viertes Chlorcalciumrohr eingeschaltet, welches das Zurücksteigen von Wasserdämpfen aus dem Aspirator in die gewogenen Röhren verhindern mußte.

Bei jenen Versuchen, wo auch auf die organischen Stoffe in der Luft Rücksicht genommen wurde, folgte auf das dritte Chlorcalciumrohr eine Verbrennungsröhre, welche eine zwei Zoll lange Schicht von Kupferspänen enthielt, die zuvor in Sauerstoffgas geglüht und dadurch in Kupferoxyd umgewandelt worden waren. Auf die Verbrennungsröhre folgte eine Chlorcalciumröhre a, eine Kaliröhre b und abermals eine Chlorcalciumröhre c, sämmtlich gewogen, sodann die vorher erwähnte ungewogene vierte Chlorcalciumröhre. Das Kupferoxyd wurde während des Versuchs durch zwei große Fuchs'sche Lampen glühend erhalten. Die darauf folgende gewogene Röhre a sollte das durch Verbrennung gebildete Wasser, die Röhren b und c die gebildete Kohlensäure aufnehmen. Leider bemerkte Pettenkofer beim ersten Versuche, daß die Luft, trotz der Länge der Verbrennungsröhre, so heiß im Chlorcalciumrohr a ankam, daß aus diesem etwas Wasser entwich, mithin, anstatt während des Versuches an Gewicht zuzunehmen, um einige Milligramme abgenommen hatte. Er erhielt somit in den Röhren b und c das durch Verbrennung der organischen Stoffe gebildete Wasser und die Kohlensäure zusammen. Die Größe war übrigens so unbedeutend, daß Herr Pettenkofer bei der ohnehin schon bedeutenden Länge des Apparates sich nicht bewogen fand, auch noch einen Kühlapparat für die Luft einzuschalten.

2692. Es wurden zehn verschiedene Versuche angestellt, und als deren Resultate theilen wir hier die Zusammensetzung der Luft mit;

Versuch I.

Stickstoff und Sauerstoff	16530	Kubikcentimet.
Wassergas	80,69	„
Kohlensäure	17,12	„

Versuch II.

Stickstoff und Sauerstoff	18510	Kubikcentimet.
Wassergas	113,27	„
Kohlensäure	27,19	„

Versuch III.

Stickstoff und Sauerstoff	32610	Kubikcentimet.
Wassergas	167,13	„
Kohlensäure	62,43	„

Versuch IV.

Stickstoff und Sauerstoff	32840	Kubikcentimet.
Wassergas	121,94	„
Kohlensäure	48,08	„

Digitized by Google

Verſuch VII.

Stickſtoff und Sauerſtoff	16850	Kubikcentimet.
Waſſergas	181,98	„
Kohlenſäure	6,79	„

Verſuch VIII.

Stickſtoff und Sauerſtoff	16900	Kubikcentimet.
Waſſergas	132,46	„
Kohlenſäure	5,28	„

Verſuch IX.

Stickſtoff und Sauerſtoff	16650	Kubikcentimet.
Waſſergas	85,42	„
Kohlenſäure	17,12	„

2693. Berechnet man dieſe auf gleiche Verhältniſſe reducirten Gasvolumina in der Art, daß man ſucht, wie viel ſich an Waſſergas und Kohlenſäure auf 1 Kubikmeter (= 1,000,000 Kubikcentimet.) kohlenſäure- und waſſerfreie atmoſphäriſche Luft bei jedem Verſuche, in Kubikcentimetern ausgedrückt, ergab, ſo erhält man:

	Waſſergas.	Kohlenſäure.
Verſuch I.	4881	1035
„ II.	6119	1469
„ III.	5125	1915
„ IV.	3713	1464
„ VII.	10800	403
„ VIII.	7837	512
„ IX.	7707	1483
„ X.	5130	1028

Betrachtet man zuvörderſt die Verſchiedenheiten im Waſſergehalte, ſo fällt auf, daß die wärmere Luft auch immer die waſſerreichere iſt und daß ſie durch das Erwärmen Waſſer aufnimmt.

In dem Verſuche I. ergab die Zimmerluft, nachdem ſie mittelſt heißer Luft auf 16° R. erwärmt war, auf einen Kubikmet. reine atmoſphäriſche Luft 4881 Kubikcentimet. Waſſergas, während nach dem Verſuche II. die zur Heizung benutzte heiße Luft, auf das nämliche Verhältniß bezogen, 6119 Kubikcentimet. Waſſergas enthielt. Dieſe beiden Zahlen verhalten ſich wie 1 : 1,2536 — mit anderen Worten, die Heizluft enthielt 25 Proc. mehr Waſſer, als die damit erwärmte Zimmerluft —, der Waſſergehalt dieſer als 100 angenommen. Dieſe beiden Verſuche wurden zwar nicht an

Digitized by Google

einem und demselben Tage ausgeführt, weshalb man ihre Beweiskraft nicht stark genug finden konnte, aber ihre Beweiskraft wird dadurch wieder erhöht, daß diese beiden Tage meteorologisch einander so ähnlich waren, wie oft kaum Stunden eines und desselben Tages.

Im Versuche III. und IV. tritt die Zunahme des Wassergehaltes der Luft mit der Temperaturerhöhung noch auffallender hervor. Der Versuch IV. giebt die Wassermenge der freien Luft an, bevor sie in den Heizapparat eintritt; der Versuch III. giebt die enthaltene Menge Wassergas an, wenn die Luft, aus dem Heizapparat kommend, in das zu erwärmende Gemach austritt. Die beiden Größen verhalten sich wie 1 : 1,3802 — oder die Differenz der beiden verglichenen Größen beträgt 38 Procent.

2694. Es muß hier ausdrücklich bemerkt werden, daß die Luftheizung in München in der Art eingerichtet ist, daß die bereits erwärmte Luft nie aus den Gemächern wieder über den Heizofen geführt und da nochmals erwärmt und zum Heizen benutzt wird, sondern es strömt fortwährend frische Luft aus dem Freien über den Heizofen und steigt als Heizluft in den gemauerten Canälen auf, um in den zu erheizenden Räumen verwendet zu werden. Aus Gesundheitsrücksichten wird die Luft, welche in die sogenannten Abzugscanäle der Meißnerschen Luftheizung strömt, die sich meist nahe am Boden der Gemächer befinden, nicht mehr über den Heizofen, sondern geradezu ins Freie geführt.

Der Wassergehalt der Luft des ungeheizten Saales in der Universität, welcher mittelst eines Ofens erwärmt werden konnte, betrug auf 1 Kubikmeter reiner atmosphärischer Luft nach Versuch VIII. 7837 Kubikcentimet. Wassergas und erhöhte sich durch das Erwärmen der Luft (VIII.) auf 10800 Kubikmet., d. i. um 49 Proc. der ersten Größe.

Im Versuch IX. und X. stieg ebenso der Wassergasgehalt von 5750 auf 7707 Kubikcentimet. oder um 50 Proc. durch das Erwärmen der Luft. Woher nun diese Vermehrung des Wassergehaltes bei Erhöhung der Temperatur der Luft?

Wenn die Luft dadurch, daß sie über eine heiße eiserne Fläche und sodann erwärmt durch gemauerte Canäle zieht, um mehr als ein Drittheil wasserreicher wird, so bleibt keine andere Annahme zulässig, als daß das Wasser von den Wandungen der Canäle abdunstet — daß den Steinen und dem Mörtel dieses Wasser von der heißen Luft entzogen wird. Wenn der Wassergehalt der Luft eines unmöblirten und unbewohnten Zimmers dadurch, daß man derselben durch den darin befindlichen Ofen nichts Anderes zuführt, als Wärme, um 60 Proc. derjenigen Größe zunimmt, welche vor dem Einheizen in der Luft des Zimmers vorhanden war, so bleibt keine andere Annahme übrig, als daß dieses Wasser von der Oberfläche der Zimmerwandungen in der wärmeren Luft abgedunstet ist.

2695. Es ist eine unbestrittene Thatsache, daß alle gebräuchlichen Mauersteine und alle üblichen Wandbekleidungen hygroskopisch sind. Zugleich kann nicht bestritten werden, daß die hygroskopische Eigenschaft solcher Körper mit der Erhöhung der Temperatur der umgebenden Luft abnimmt, mit der Erniedrigung derselben zunimmt. Gewöhnliches lufttrocknes Holz enthält bei einer Lufttemperatur von 8 bis 12° C. etwa 20 Gewichtsprocente Wasser hygroskopisch gebunden. Erhöht man die Lufttemperatur auf 100° C., so überwiegt die Tension des Wasserdampfes zur Luft die hygroskopische Eigenschaft des Holzes, welches bei dieser Temperatur voll-

Digitized by Google

kommen ausgetrocknet werden kann. Läßt man die Luft, welche das Wasser des Holzes enthält, in Berührung mit dem Holze wieder auf 8° C. erkalten, so entzieht dasselbe bei dieser Temperatur der Luft, wenn diese auch sehr weit von ihrem Sättigungspunkte mit Wasserdampf entfernt ist, wieder Wasserdampf, bindet Wasser hygroskopisch und erlangt dadurch wieder sein früheres Gewicht.

Das Chlorcalcium besitzt bekanntlich höchst hygroskopische Eigenschaften, jedoch nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen. Warme Luft durch Chlorcalcium auszutrocknen, gelingt viel weniger, als kalte.

Das Bestreben der hygroskopischen Körper, Wasser aus der Atmosphäre zu condensiren, und das Bestreben der Luft, wasserhaltige Substanzen auszutrocknen, verändert sich demnach gegenseitig sehr durch Erhöhung der Erniedrigung der Temperatur, und zwar im verkehrten Verhältnisse; denn so wie die Fähigkeit der Luft, Wasser aufzunehmen, mit zunehmender Wärme wächst, in demselben Maße verschwindet die Fähigkeit der hygroskopischen Körper, hygroskopisch gebundenes Gas zurückzuhalten. Denkt man sich einen großen kubischen Raum mit hygroskopischen Körpern begrenzt, z. B. Ziegelsteinen, und mit feuchter Luft von 12° R. gefüllt, so werden die hygroskopischen Körper jedenfalls der Luft Wasser bis zu einem gewissen Grade entziehen. Ist nach einiger Zeit ein Zustand des Gleichgewichts zwischen der wasseranziehenden Kraft des Ziegelsteines und der Luft eingetreten und wird die Temperatur des Raumes erhöht, so wird dieses Gleichgewicht wieder gestört und die Ziegelsteine verlieren wieder Wasser an die Luft. — Diese Erfahrung machen Alle, welche ein kaltes Zimmer im Winter heizen, wenn auch nicht Alle einerlei Erklärung geben. Es ist Allen bekannt, daß die Fenster eines Zimmers im Winter so lange klar bleiben und sich nicht mit Wasserdunst oder Eis belegen, so lange dasselbe nicht geheizt wird. Mit der ersten Empfindung der Wärme aber, welche ein Ofen in einem solchen Zimmer verbreitet, beobachtet man auch, daß die Fenster anfangen zu schwitzen, zu thauen. Die Luft des kalten Zimmers war vor dem Einheizen nicht so wasserreich, daß sie bei der Temperatur (angenommen von 0° R.), welche den Fensterscheiben von der äußern Luft mitgetheilt war, Thau hatte absetzen können; — aber während sie wärmer wurde, z. B. um 10° R., ist sie auch wasserreicher geworden, denn sonst könnte die 10° R. warme Luft nicht thauen, wenn sie an den Fensterscheiben wieder auf 0° abgekühlt wird. Daß an dieser Vermehrung des Wassergehaltes der Zimmerluft durch Einheizen nicht etwa die Gegenwart athmender und ausdünstender Menschen Ursache ist, davon kann man sich sehr leicht überzeugen, wenn man das Zimmer erst nach einiger Zeit, nachdem das Feuer im Ofen zu brennen und so Wärme zu verbreiten angefangen hat, betritt. — Wenn man diese Beobachtung machen will, darf man natürlich nicht so lange warten, bis die Fensterscheiben die mittlere Temperatur zwischen der äußern freien kalten und der warmen Zimmerluft angenommen haben, weil diese Temperatur nur in den seltneren Fällen hinreicht, eine 14 — 15° R. warme Zimmerluft zum Thauen zu bringen, es müßte denn die äußere Luft sehr kalt oder die innere sehr feucht sein. Bei dem siebenten und achten Versuche zeigte sich die Wirkung einer wärmeren Luft auf die Wände des Zimmers sehr augenfällig. Vor dem Einheizen (VIII.) waren auf 1 Kubikmet. reine Luft 7837 Kubikcentimet.

Digitized by Google

Wassergas enthalten, nach dem Einheizen (etwa nach zwei Stunden) 10800 Kubikcentimet. Wassergas — oder über $^1/_3$ mehr.

2696. Um einen für manchen Leser vielleicht passenden Maßstab abzugeben, kann berechnet werden, wie viel Wasser dem Gewichte nach beim Versuche VIII. und beim Versuche VII., mithin vor und nach dem Einheizen, in der Luft des Zimmers vorhanden war. — Nimmt man den Kubikinhalt des Hörsaales zu nahe 20,000 Kubikf., so berechnet sich der Wassergehalt dieser Luftmasse vor dem Einheizen auf 5 Pfund (= $2^1/_2$ Maß) Wasser — nach dem Einheizen auf 7 Pfd. (= $3^1/_2$ Maß). Die Erwärmung des Zimmers bis zum bezeichneten Temperaturgrade war binnen zwei Stunden vor sich gegangen — mithin waren innerhalb der Zeit von zwei Stunden 2 Pfunde (1120 Gramm.) Wasser verdampft.

Es ist durch diese Thatsachen, die sich bei allen Untersuchungen constant zeigten, hinlänglich erwiesen, daß die Luft durch Erwärmen in einem mit hygroskopischen Körpern umschlossenen Raume zugleich wasserhaltiger wird. Mit der nämlichen Gewißheit darf man behaupten, daß mit dem Sinken der Temperatur eine entsprechende Menge Wasser von den hygroskopischen Körpern der Luft entzogen und wieder verdichtet werden wird. — Das den Wänden eines Zimmers durch Einheizen und durch Erwärmen der Luft entzogene Wasser wird denselben beim Abkühlen größtentheils wieder zurückgegeben, um bei abermaligem Erwärmen neuerdings zur Befeuchtung der Luft zu dienen. Was übrigens an Feuchtigkeit durch Austreten der Luft, die sich während des Erwärmens ausdehnt, durch Thüren, Fenster u. s. f., was durch Einströmen kalter, jedenfalls wasserarmer Luft, und durch Ausströmen warmer, wasserreicher Luft durch eben solche Oeffnungen verloren geht, dieser Wasserverlust muß wieder ersetzt werden, wenn die Wände einer Wohnung nicht nach und nach bei länger fortgesetztem Heizen die Fähigkeit verlieren sollen, Wasser an die erwärmte, höchst wasserarme Winterluft abzugeben. — Wenn unsere Heizungen die Winterluft von etwa — 6° R. nur 20° R. wärmer und nicht zugleich feuchter machen würden, so wäre unserem Organismus mehr Unbehaglichkeit bereitet; denn wir würden uns fühlen, als wären wir in warmen Sand gesteckt, um getrocknet zu werden. Warme und sehr trockene Luft zieht Wasser ebenso leicht und schnell aus der Oberfläche der Haut der Menschen, als aus anderen wasserhaltigen Körpern.

2697. Das durch den Luftwechsel aus unseren Wohnungen im Winter ins Freie entführte Wasser wird durch die hygroskopische Eigenschaft unserer Mauersteine, überhaupt des Materials, dessen wir uns zum Bauen menschlicher Wohnungen bedienen, gewiß wieder von der äußern Atmosphäre her compensirt. — Unsere Gebäude wirken auf das atmosphärische Wasser im Kleinen ebenso, wie die Gebirge im Großen, beide wirken als hygroskopische Körper. Die Quellenbildung, welche wir bei den Gebirgen im großen Maßstabe antreffen, können wir im Kleinen oft an unseren Wänden beobachten. — Wir beobachten oft in beträchtlicher Höhe über der Erde einen feuchten Fleck in einer Wand und rings herum ist jede Stelle trocken. Fast alle Ingenieure sind der Meinung, daß die Ursache, welche am häufigsten feuchte Mauerstellen hervorruft, in der Regel in der zu dichten Beschaffenheit der Mauersteine, z. B. verglaster Ziegelsteine, liege. Im Kreidegebirge, im Sandboden u. s. w. kommen nur dort Quellen zu Tage, wo diese porösen und sehr hygroskopischen Körper von anderen, dichter geschlossenen

Digitized by Google

Massen unterbrochen werden, welche nicht mehr so viel hygroskopisch verschluckt halten können, sondern es auf ihrer Oberfläche in Tropfen erscheinen lassen.

Die Gebirge führen das von ihren Gipfeln und Oberflächen condensirte Wasser abwärts; — daß auch unsere Gebäude es thun, kann nicht bezweifelt werden.

Zu München im englischen Garten wurde vor einigen Jahren ein Haus auf sehr feuchtem Grunde erbaut. Um zu verhindern, daß durch Capillarattraction der Ziegelsteine Wasser in die Wände hinaufgezogen würde, hatte man am Ende des Sockels als einen für Feuchtigkeit undurchdringlichen Körper eine Asphaltlage statt einer Mörtellage angewendet. An diesem Gebäude nun zeigt sich schon seit Jahren das sonderbare Phänomen, daß nicht unter der Asphaltlage, sondern gerade über derselben ringsherum ein handbreiter feuchter Streifen geht, der sowohl im Sommer als auch im Winter zu beobachten ist. Darunter und darüber ist die Mauer wieder trocken. Es kann dieses von keiner andern Ursache herrühren, als daß die über der Asphaltschicht befindliche Steinlage alles Wasser der vielen darüber liegenden empfängt, aber der nächsten nach unten nicht mittheilen kann, da die Leitungsfähigkeit für Wasser durch die Asphaltschicht unterbrochen ist. Ebenso wie ein Tuffgebirge u. s. w. durch ein Thonlager unterbrochen wird, zeigt sich hier, wenn auch im kleinsten Maßstabe, eine Quellenbildung dadurch, daß eine in die Luft ragende Mauer von Ziegelsteinen und Mörtel von einer Asphaltlage unterbrochen wird. Es scheint deshalb ein trockener Grund zur Trockenheit der Wände vorzüglich in sofern beizutragen, als er fähig ist, das von der Wand mitgetheilte Wasser beständig zu absorbiren.

2698. Aus den hier angedeuteten Gründen ist die Wahl des Bausteines und möglichste Gleichförmigkeit desselben in seiner innern Struktur so wichtig für das, was man gewöhnlich Salubrität einer Wohnung nennt. Eine gewisse Gleichförmigkeit, trotz verschiedenen Baumaterials, erzielt der Mensch dadurch, daß er die Wände, sie mögen nun aus Holz, Bruch- oder Backsteinen erbaut sein, meist mit ein- und demselben Material überkleidet, nämlich mit Mörtel, der als ein Gemenge von Sand und Kalkhydrocarbonat in ziemlich unveränderlichen Verhältnissen betrachtet werden kann. Dieser Kalkmörtel ist bekanntlich ein hygroskopischer Körper. Man liebt durchgehends nur hygroskopische Substanzen zur Bekleidung der Wohnungen. Unsere Papiertapeten sind sehr hygroskopisch, und wenn wir auch nicht hygroskopische Gewebe wie Seide hier und da zur Ueberkleidung der Wände benutzen, so darf man nicht vergessen, daß diese Ueberzüge höchst porös sind und daß die Mörtelwand sich nicht unmittelbar hinter ihnen befindet. — Eine Wandverkleidung mit Wachstuch, Metall, Glas u. s. f. würde eine höchst lästige für unser Befinden sein. Ein Haus, dessen Wände polirter Granit sind, paßt für keinen Sterblichen zur Wohnung. Ein gewisses richtiges Gefühl, welches den Menschen, trotz aller Raffinerie, nie verläßt, wird uns auch ferner vor der Einführung gußeiserner Wohnhäuser schützen, von der man schon hier und da gesprochen hat.

Ein gewisses Quantum von hygroskopisch in unseren Wänden aufgespeichertem Wasser ist nothwendig, wenn die Erwärmung der höchst wasserarmen Winterluft in unseren Wohnungen auf die Temperatur des Sommers unseren Organismus nicht in eine unnatürliche Atmosphäre bringen soll. In dem Maße, als wir die Winterluft der Sommerluft durch Tempera-

Digitized by Google

turerhöhung ähnlicher zu machen streben, müssen wir auch durch Vermehrung der Feuchtigkeit diese Aehnlichkeit zu bewirken suchen. Es zeigen dies Beobachtungen über den Feuchtigkeitszustand der Luft zu verschiedenen Zeiten des Jahres, in welchen die Temperatur steigt und fällt. Man hat z. B. in München im Monat Januar durchschnittlich die niedrigste Temperatur und den geringsten Wassergehalt in der Luft, in 1 Kubikmet. Luft 4,3 Gramm Wasser, während man im Monat Juli die höchste Temperatur und den höchsten Wassergehalt (in 1 Kubikmet. Luft 11,7 Gramm Wasser) gefunden hat. Für München ist die mittlere Temperatur des Winters — 0,32° R., die mittlere Temperatur des Sommers + 14° R.

Die Luft im Freien ist nach zahlreichen Beobachtungen durchschnittlich mehr als halb mit Wasserdampf gesättigt (66—68 Proc.). Bei einer Temperatur von 16° R., welche die Zimmerluft bei Versuch I. in der Residenz hatte, kann 1 Kubikmet. Luft 17 Gramm Wasser enthalten. Die geheizte Zimmerluft enthielt aber bei dieser Temperatur nur 3,6 Gramm oder nur 21 Proc. der ganzen möglichen Größe, während die Luft im Freien doch immer nahe zu halb (d. i. zu 50 Proc.) gesättigt ist. — Bei dem Versuche IV. war die Luft im Freien bis zu 38 Procent mit Wasserdampf gesättigt, was eine sehr trockene Luft ist. — Bei dem Versuche VIII. hatte man im Freien bei 9,8° C. 6,33 Gramm Wasser in 1 Kubikmet. Luft oder 66 Procent der Menge, wodurch die Luft gesättigt worden wäre. Bei dem Versuche VII. der erwärmten Luft des Hörsaales I. in der Universität waren bei 16° R. in einem Kubikcentim. Luft 0,1 Gramm Wasser oder 47 Procent der Sättigungsmenge; bei dem Versuche X. im Freien 33 Procent Wasser; bei dem Versuche IX. im geheizten Hörsaale II., welcher den ganzen Winter über geheizt worden war, 34 Procent der Sättigungsmenge.

2699. Herr Pettenkofer hat den größten Theil des Winters 1850/51 in einem gewölbten Zimmer des Erdgeschosses, welches mittelst eines Thonkachelofens mit eiserner Durchsicht geheizt wurde, zugebracht und den Aufenthalt daselbst stets behaglich gefunden. Er ermittelte häufig mittelst eines August'schen Psychrometers den Feuchtigkeitsgrad der bis 14 und 16° R. geheizten Zimmerluft und fand denselben stets zwischen 40 und 50 Procent der Sättigungsmenge.

Es ist nun zuvörderst zu untersuchen, ob Gründe dafür aufgefunden werden können, daß die eine oder die andere der beiden in Frage stehenden Heizungsmethoden die Luft neben Wärme zugleich in höherem oder geringerem Grade mit Feuchtigkeit versieht, oder ob sich beide Methoden hierin ganz gleich verhalten. Die vorliegenden Resultate sprechen entschieden zu Gunsten der Ofenheizung. Selbst bei großer Trockenheit der Luft im Freien (Versuch X. 33 Procent) zeigte die durch einen Zimmerofen erheizte Luft (Versuch IX.) bei 16° R. dennoch 34 Procent ihrer Sättigungsmenge. Hätte man die Luft aus dem Freien (von $10^1/_2$° R.) blos erwärmt, ohne daß ihr zugleich mit der Wärme Wasser zugeführt worden wäre, so würde sie (Versuch X.) bei 16° R. nur 23 Procent ihrer Sättigungsmenge enthalten haben. In dem Versuche I. enthielt die durch Luftheizung auf 16° R. erwärmte Luft nur 21 Procent ihrer Sättigungsmenge.

Da das Wasser, welches mehr in die Luft treten muß, während sie wärmer wird, in unseren Gebäuden hygroskopisch aufgespeichert ist, so handelt es sich einfach darum, ob ein Gebäude mehr durch Luftheizung oder

Digitized by Google

durch Ofenheizung ausgetrocknet wird. — Jene Heizung wird offenbar mehr trockenen, welche einen größern Luftwechsel im Gebäude verursacht. Dieses thut unstreitig die Luftheizung.

Wenn man einem Raum, der mit 1000 Kubikfuß Luft von 8° R. erfüllt ist, so viel Wärme zuführt, daß die Luft eine Temperatur von 14° R. annimmt, so dehnen sich diese 1000 Kubikfuß um 26 Kubikfuß aus, welche aus dem Raume entweichen müssen.

Heizt man die nämliche Luftmasse von 8° R. bis zu 14° R. mit heißer Luft von 37° R. (Versuch V.), so braucht man mindestens 140 Kubikfuß von letzterer dazu. Nach vollbrachter Temperaturaustauschung hat man (1000 + 26 Kubikfuß) + (140 — 30 Kubikfuß) = 1336 Kubikfuß. Es müssen deshalb 136 Kubikfuß aus dem Raume entweichen. Der Luftwechsel, durch Ofen- und Luftheizung hervorgebracht, wird sich verhalten wie die Anzahl von Kubikfußen Luft, welche nach vollendeter Heizung aus dem Raume entweichen mußten, d. h. wie 26 zu 136 oder wie 1 zu 5. Der Luftwechsel ist daher bei Luftheizung fünfmal größer, als bei Ofenheizung (angenommen, daß der Ofen von außen gefeuert wird).

Ein Gemach, 30 Fuß lang, 15 Fuß breit und 20 Fuß hoch, hält 9000 Kubikfuß Luft. Um diese Luftmasse mittelst heißer Luft nur einmal von 0° — 14° R. zu erwärmen, müssen nahezu 300 Kubikfuß Heizluft von 57° R. eingelassen werden und 2938 Kubikfuß Luft von 14° R. entweichen, während bei Ofenheizung nur 574 Kubikfuß, mithin fünfmal weniger zu entweichen haben.

Wenn daher einem Gebäude durch Heizung überhaupt die nöthige und nützliche Feuchtigkeit bis zu einem schädlichen Grade entzogen werden kann, so wird dieses bei der Luftheizung fünfmal leichter, als bei der Ofenheizung der Fall sein.

Etwas günstiger dürften die Annahmen bei Luftheizungen gestellt werden, wo die durch Einströmen der warmen Luft verdrängte kältere in eigenen Canälen gesammelt und wieder über den Heizofen in das Zimmer geführt wird (bei sogenannter Circulation). Doch wird auch hier durch den bedeutenden Luftwechsel das Innere der Gemächer sehr getrocknet werden, weil die durch die Abzugscanäle fortgehende, die Feuchtigkeit der Zimmerwände enthaltende Luft in diesen Canälen abgekühlt wird und, proportional dem Wärmeverluste, wieder Wasser an die gemauerten hygroskopischen Canäle abzieht, so daß die Luft an dem Heizofen wieder kalt und wasserarm ankommt.

Die Klagen über größere Trockenheit der Luftheizung im Vergleiche mit Ofenheizung sind ohne Zweifel gegründeter. Der Grad der Trockenheit dieser geheizten Luft richtet sich natürlich nach einer großen Anzahl von Nebenumständen. Räume, welche selten geheizt werden, eignen sich sehr für Luftheizung; ebenso Räume, in welchen sehr viele Menschen, brennende Lichter oder andere ergiebige Quellen für Wasserdampf sich befinden, wie Theater, Opernhäuser u. s. w. Weniger geeignet wird die Luftheizung für gewöhnliche Wohnungen sein, die einen ganzen Winter unsers Klima's hindurch mit heißer Luft geheizt werden sollen. Dort wird sich zwar nicht gleich am Anfange des Winters, aber gewiß in der Mitte, wenn die Wände bereits mehr Wasser verloren haben, als ihnen durch Absorption aus der freien Atmosphäre täglich wieder ersetzt wird, die Klage über Trockenheit der Luft erheben.

Digitized by Google

2700. Es bleiben nun noch die Mittel zu unterſuchen, welche man gewöhnlich anwendet, um der zu großen Trockenheit der geheizten Zimmerluft zu begegnen. Das gewöhnlichſte iſt, eine Schüſſel mit Waſſer im Zimmer, am Beſten in der Nähe des Luftheizungscanals, oder ſelbſt in demſelben aufzuſtellen, damit die Luft dieſes Waſſer trinke. Es hilft etwas, aber nur zu wenig. Man weiß, daß Flüſſigkeiten proportional ihrer Oberfläche verdampfen. Nun denke man ſich das zur Befeuchtung nöthige Waſſer in einer Schüſſel, welche ſelbſt einen Quadratfuß Oberfläche darbietet, und auf der Oberfläche der Wände ausgebreitet. Bei Verſuch VII. nahm durch Heizung die Luft eines Hörſaales ($46\frac{1}{2}$ Fuß lang, 30 Fuß breit und 15 Fuß hoch) 2 Pfd. Waſſer binnen 24 Stunden auf. Denkt man ſich dieſe Waſſermenge auf nur drei ſtehenden Wänden ausgebreitet, ſo erhält man eine Vertheilung auf 1845 Quadratfuß. Wenn 2 Pfd. Waſſer aus einer Schüſſel mit 1 Quadratfuß Oberfläche binnen 30 Stunden verdunſten, ſo verdunſten ſie bei einer Ausbreitung auf 1800 Quadratfuß binnen einer Minute.

Hieraus geht hervor, daß man in Zukunft andere Wege einſchlagen muß, um der Trockenheit der Luftheizung mit mehr Erfolg begegnen zu können. Man muß Apparate conſtruiren, welche die Verbreitung des zu verdampfenden Waſſers auf einer möglichſt großen Oberfläche geſtatten.

Ende des dritten und letzten Bandes.

Digitized by Google

Druck von G. Pätz in Naumburg.

Digitized by Google

Fig. 522.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig

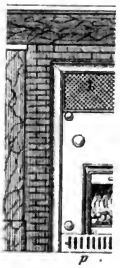


Fig. 558

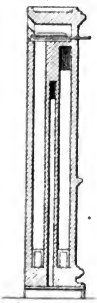


Fig. 5

Digitized by Google

Fig.

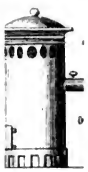
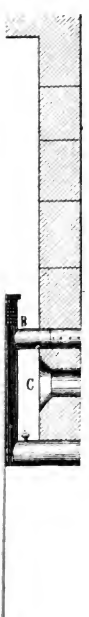
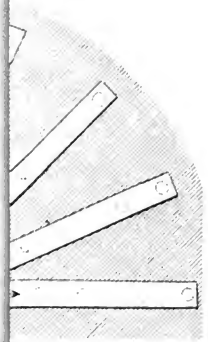
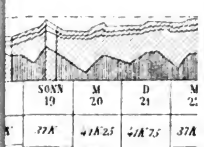


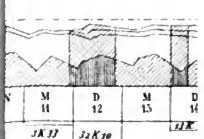
Fig. 572.

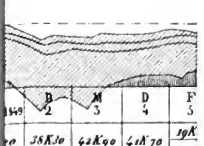


Digitized by Google



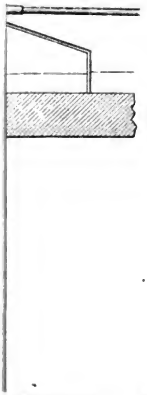






Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 599 Fig. 600. Fig. 601.

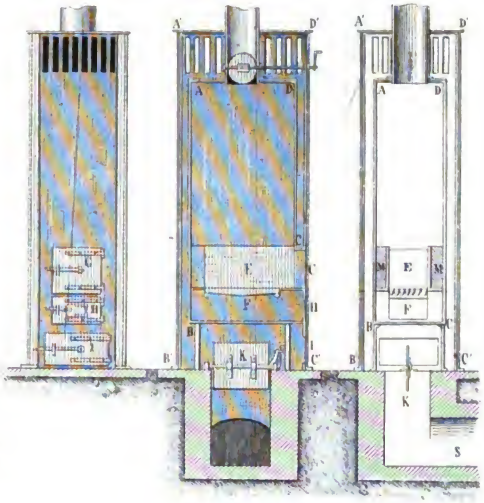
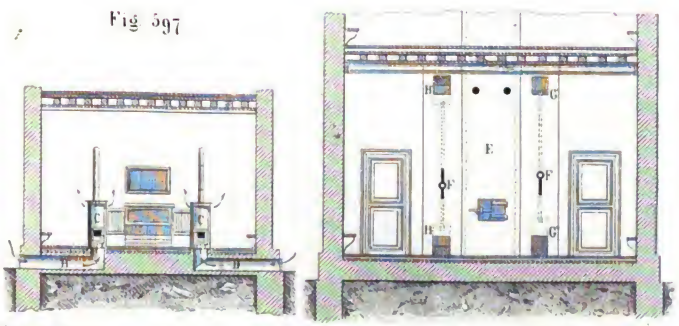


Fig. 598

Fig. 597



Péclet, Wärme

G. Diettein in Naumburg

Bayerische Staatsbibliothek München

Digitized by Google

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Digitized by Google

Digitized by